إجابات الأسئلة والتقويم وأسئلة المحتوى والتفكير في كتاب الطالب/ الفيزياء 12 فصل/1

الوحدة الأولى: الزخم الخطي والتصادمات Linear Momentum and Collisions

الإجابات

الصفحة 7

أتأمَّل الصورة:

يعتمد عمل الصاروخ على قانون حفظ الزخم الخطي. ولكي أصف حركة المكوك الفضائي والصاروخ يلزمني معرفة الزخم الخطي لهما، كما يلزم معرفة القانون الثاني لنيوتن بدلالة تغير الزخم الخطي $(\sum F = \frac{dp}{dt})$؛ لأن كتلة الصاروخ متغيرة.

الصفحة 9

تجربة استهلالية: تأثير كتلة الجسم وسرعته في التصادمات.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. يتحرك الكوب البلاستيكي مسافة أكبر عند اصطدام الكرة الزجاجية به مقارنة بالمسافة التي يتحركها عند اصطدام كرة التنس به؛ حيث كتلة الكرة الزجاجية أكبر، فيكون زخم الكرة الزجاجية عند التصادم مع الكوب أكبر، فتدفع الكوب مسافة أكبر.
2. السرعة المتجهة لكل من الكرتين المتصادمتين، كتلتي الكرتين المتصادمتين.
3. طبيعة التصادم: هل حدث التصادم وجهًا لوجه (في بُعد واحد) أم لم يكن كذلك، سرعة الكرة المتحركة وكتلتها، نوع التصادم (مرن، غير مرن).

الصفحة 10

أتحقّق:

الزخَم الخطيّ (كمية التحرك) لجسم هو ناتج ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته المتجهة (v)، رمزه p. وهو كميةٌ متجهة، له اتّجاه السرعة نفسه.

الصفحة 11

أُفكّر.

الإجابة: نعم؛ إذا كان مقدار سرعة السيارة يساوي أربعة أضعاف مقدار سرعة الشاحنة.

أتحقّق:

القوّة المُحصّلة المؤثّرة في جسمٍ تساوي المعدّل الزمني لتغيُّر زخَمه الخطيّ.

الصفحة 12

أتحقّق:

بحسب مبرهنةَ (الزخَم الخطيّ– الدفع) فإن: "دفعُ قوة محصّلةٍ مُؤثّرةٍ في جسمٍ يساوي التغيُّر في زخَمه الخطيّ".

الصفحة 15

تمرين.

أ. أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحساب الدفع، مع مراعاة أن مقدار سرعة الكرة عند قمة مسارها يساوي صفرًا، حيث يكون زخمها الابتدائي صفرًا.

$$\mathrm{I} = \Delta p = p_{\mathrm{f}} - p_{\mathrm{i}}$$
$$\mathrm{I} = mv_{\mathrm{f}} - mv_{\mathrm{i}}$$
$$= 0.060 \times 55 - 0 = 3.3 \text{ kg. m/s}$$
$$\mathbf{I} = 3.3 \text{ kg. m/s}, +x$$

ب. أستخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$\sum F = \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{3.3}{4.0 \times 10^{-3}} = 825 \text{ N}$$

$$\sum \boldsymbol{F} = 825 \text{ N}, +x$$

الصفحة 16

أُفكِّر.

يُمكنُ عدُّ نظام معزولًا عندما تكون القوى الخارجية المؤثّرةَ فيه، مثل قوّة الاحتكاك مثلًا، صغيرةً مُقارنةً بالقوّة التي تؤثّر بها مكوّنات النظام في بعضها (قوى داخليّة في النظام).

الصفحة 17

أُفكِّر.

يكون اتّجاه الدفع باتّجاه تغيُّر الزخَم الخطيّ، وهو اتّجاه القوّة المُحصّلة نفسُه.

الصفحة 18

التجربة 1: حفظُ الزّخَمِ الخطيّ.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. ستختلف الإجابات بحسب مقدار قوة الدفع المؤثرة في العربة A (مقدار سرعتها الابتدائية)، وكتلتي العربتين.

2. ستختلف الإجابات بحسب مقدار السرعة المتجهة لكل عربة ومقدار كتلتها.

3. ستختلف الإجابات بحسب مقدار السرعة المتجهة لكل عربة ومقدار كتلتها.

4. يكون الزخم الخطي الكلي للعربتين في كل حالة محفوظًا؛ أي أن الزخم الخطي الكلي الابتدائي لنظام العربتين في كل محاولة يساوي الزخم الخطي الكلي النهائي لهما.

5. إجابة محتملة: نعم، تطابقت نتائج تجربتي مع قانون حفظ الزخم الخطي للمحاولتين، وأستنتج أن الزخم الخطي يكون دائمًا محفوظًا في التصادمات للأنظمة المعزولة.

إجابة محتملة: لا، لم تتطابق نتائج تجربتي مع قانون حفظ الزخم، نتيجة وجود أخطاء ارتكبتها في أثناء تنفيذ التجربة، ويجب إعادة تنفيذ التجربة بدقة مراعيًا تجنّب الوقوع في الأخطاء.

6. مصادر الخطأ المحتملة: قياس الكتلة، وجود ميلان في المدرج الهوائي، قياس طول كل من البطاقتين، وجود قوة احتكاك كبيرة بالنسبة لقوى التلامس المتبادلة، خطأ في إجراء الحسابات، التقريب، عدم استخدام النظام الدولي للوحدات (تعويض طول البطاقة بوحدة cm مثلًا)، ....

الصفحة 20

أتحقّق:

ينصُّ قانون حفظ الزخَم الخطيّ على أنّهُ: "عندما يتفاعلُ جسمانِ أو أكثر في نظامٍ معزولٍ، يظلُّ الزخَم الخطيُّ الكليُّ للنظام ثابتًا". كما يُمكن التعبير عنه بأنّ: الزخَم الخطيّ الكليَّ لنظامٍ معزولٍ قبل التصادُم مباشرةً يساوي الزخَم الخطيَّ الكليَّ للنظام بعد التصادُم مباشرةً.

الصفحة 21

مراجعة الدرس

1. الزخم الخطي لجسم يساوي ناتج ضرب كتلة الجسم (m) في سرعته المتجهة (v)، رمزه $\boldsymbol{p}$، وهو كمية متجهة.

دفع قوة مؤثرة في جسم يساوي التغير في زخمه الخطي، $I = \Delta \boldsymbol{p}$.

2.

$$\text{N.s} = \frac{\text{kg.m}}{\text{s}^2} \times \text{s} = \text{kg.m/s}$$

3. يكون الزخم الخطي محفوظًا للنظام المعزول، وهو نظام تكون القوة المحصلة الخارجية المؤثرة فيه تساوي صفرًا. وعندما تكون القوى الخارجية المؤثرة في النظام صغيرة جدًّا مقارنة بالقوى الداخلية المتبادلة بين أجزاء النظام بحيث يمكن إهمالها، يمكن التعامل مع النظام على أنه معزول وأنّ زخمه الخطي محفوظ.

4. يزيد الحزام المطاطي زمن التصادم، ممّا يقلّل من مقدار القوة المؤثرة في السيارات نتيجة التصادم.

يُؤدي تشوّه هذه الأجزاء بسهولة إلى زيادة الزمن المستغرق لتوقف السيارة (زمن التصادم)، ولأن $\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ فإن مقدار القوة المؤثرة في السيارة والركّاب نتيجة التصادم سيقل بزيادة زمن التصادم.

5. أختار الاتّجاه الموجِب (اتّجاه محور $+x$) باتجاه حركة أحد الصندوقين. ونطبّقُ قانون حفظ الزخَم الخطيّ على نظام الصندوقين، مع مراعاة أن $m_2 = 2m_1$.

$$\sum \boldsymbol{p}_\text{i} = \sum \boldsymbol{p}_\text{f}$$

$$\boldsymbol{p}_{1\text{i}} + \boldsymbol{p}_{2\text{i}} = \boldsymbol{p}_{1\text{f}} + \boldsymbol{p}_{2\text{f}}$$

$$m_1 v_{1\text{i}} + m_2 v_{2\text{i}} = m_1 v_{1\text{f}} + m_2 v_{2\text{f}}$$

$$0 = -m_1 \times v_{1\text{f}} + 2m_1 \times v_{2\text{f}}$$

$$2v_{2\text{f}} = v_{1\text{f}}$$

$$\frac{v_{1\text{f}}}{v_{2\text{f}}} = 2$$

6. عند عدم إسناد البندقية على الكتف فإنها ترتد في الاتجاه المعاكس لحركة الرصاصة نتيجة حفظ الزخم الخطي، ممّا يجعلها تصطدم بالكتف. لكن عند تثبيت البندقية بالكتف يكون زخم الارتداد لكتلة الجندي وكتلة البندقية معًا، مسبّبًا سرعة ارتداد مقدارها أقل بكثير من سرعة ارتداد البندقية منفردة في الحالة الأولى؛ لأن كتلة الجندي والبندقية معًا أكبر بكثير من كتلة البندقية.

7. قول بتول غير صحيح علميًّا؛ فحسب قانون حفظ الزخم الخطي، عندما تندفع الغازات المقذوفة من الصاروخ فإنها تدفع الصاروخ نفسه إضافة إلى المركبة الفضائية.

الصفحة 25

أتحقّق:

نوع التصادم / وجه المقارنة	المرن	غير المرن	عديم المرونة
حفظ الزخم الخطي	محفوظ	محفوظ	محفوظ
حفظ الطاقة الحركية	محفوظة	غير محفوظة	غير محفوظة
التحام الأجسام بعد التصادم	لا يوجد التحام	لا يوجد التحام	يوجد التحام

أُفكِّر.

الإجابة: أن يكون الزخم الخطي الابتدائي للجسم الأول مساويًا في المقدار للزخم الخطي الابتدائي للجسم الثاني، ومعاكسًا له في الاتجاه؛ أي أن الزخم الخطي الابتدائي للنظام يساوي صفرًا.

أتحقّق:

عندما يتحرّكُ جسمان قبل التصادُم على امتداد الخط المستقيم نفسِه، ويتصادمان رأسًا برأس Head on collision، بحيثُ تبقى حركتيهما بعد التصادُم على المسار المستقيم نفسه.

الصفحة 30

تمرين.

1.

$$v_{1A} = \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1}\right)\sqrt{2gh}$$

$$= \left(\frac{0.030 + 0.97}{0.030}\right)\sqrt{2 \times 10 \times 0.45} = 100 \text{ m/s}$$

2.

أ. توضح هذه اللعبة قانون حفظ الزخم الخطي، فالكرات متراصة لا يوجد فراغ بينها يسمح بحركتها، وبتطبيق قانون حفظ الزخم الخطي بين كل كرتين متجاورتين ينتقل الزخم الخطي من كرة إلى أُخرى حتى يصل الكرة التي على الجانب الآخر فتقفز في الهواء.

ب. بما أن الكرات متماثلة والتصادم مرن فإنه سيقفز كرتين من الجانب الآخر حسب قانون حفظ الزخم الخطي. (حفظ الطاقة الحركية يؤدي الى قفز كرتين وليس كرة واحدة).

ج. يكون الزخم الخطي الكلّي صفرًا مباشرة قبل التصادم ومباشرة بعده أيضا، لذا تتحرك الكرتان في اتجاهين متعاكسين وبسرعات مقاديرها متساوية مباشرة بعد التصادم (ويتحقق حفظ الطاقة الحركية)، وتعود كل منهما الى ارتفاعها الابتدائي نفسه نتيجة لحفظ الطاقة الميكانيكية.

الصفحة 31

مراجعة الدرس

1. نوعا التصادم: تصادم مرن، وتصادم غير مرن.

الفرق بينهما: في التصادم المرن تكون الطاقة الحركية محفوظة للأجسام المتصادمة، والأجسام لا تلتحم بعد التصادم.

في التصادم غير المرن لا تكون الطاقة الحركية محفوظة للأجسام المتصادمة، وقد تلتحم الأجسام معًا بعد التصادم حيث يسمّى عندها تصادم عديم المرونة.

2. لا، التصادم غير مرن؛ إذ يُبدّد جزء من الطاقة الحركية الكلية في تهشيم هيكل السيارتين مثلًا، ويُبدّد جزء بسيط على شكل طاقة صوتية، إضافة إلى أشكال أُخرى من الطاقة.

3. أ. الزخم الخطي للنظام المكوّن من الجسمين يكون محفوظًا، وليس لكل جسم على حدة.

ب. التصادم مرن، لذا فإن الطاقة الحركية للنظام المكوّن من الجسمين تكون محفوظة، وليس لكل جسم على حدة.

4. أُطبق قانون حفظ الزخم الخطي على النظام المكوّن من الكرتين.

$$\sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{i}} = \sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{f}}$$
$$m_{\mathrm{A}} v_{\mathrm{Ai}} + m_{\mathrm{B}} v_{\mathrm{Bi}} = (m_{\mathrm{A}} + m_{\mathrm{B}})\, v_{\mathrm{f}}$$
$$2 \times v_{\mathrm{Ai}} + m_{\mathrm{B}} \times 0 = (2 + m_{\mathrm{B}}) v_{\mathrm{f}}$$

أُعوّض: $v_{\mathrm{f}} = \frac{1}{4} v_{\mathrm{Ai}}$.

$$2 \times v_{\mathrm{Ai}} = (2 + m_{\mathrm{B}}) \frac{1}{4} v_{\mathrm{Ai}}$$
$$m_{\mathrm{B}} = 6\ \mathrm{kg}$$

5. أحسب التغير في الطاقة الحركية للكرتين كما يأتي:

$$\Delta KE = KE_{\mathrm{f}} - KE_{\mathrm{i}}$$
$$= \frac{1}{2} m {v_{\mathrm{Af}}}^2 + \frac{1}{2} m {v_{\mathrm{Bf}}}^2 - \left[\frac{1}{2} m {v_{\mathrm{Ai}}}^2 + \frac{1}{2} m {v_{\mathrm{Bi}}}^2\right]$$

$$= \frac{1}{2} \times m \times v^2 + \frac{1}{2} \times m \times (v + 1.2)^2 - \frac{1}{2} \times m \times (v + 1.2)^2 - \frac{1}{2} \times m \times v^2 = 0$$

إذًا التصادم مرن.

6. أ. الزخم الخطي محفوظ قبل التصادم وبعده مباشرة. فيكون التغيّر في الزخم الخطي للنظام صفرًا، وهذا يعني أنّ مقداري التغيّر في الزخم الخطي للسيارة والشاحنة متساويان.

ب. السرعتان الابتدائيتان للشاحنة والسيارة متساويتان في المقدار، وسرعتهما النهائية هي نفسها لأنهما التحمتا معًا، لذا فإن التغير في الطاقة الحركية يعتمد على الكتلة فقط، وبما أن كتلة الشاحنة أكبر فإن التغير في طاقتها الحركية أكبر.

الصفحات 33 – 36

مراجعة الوحدة

1.

1. د

2. أ

3. ج

4. د

5. ب

6. أ

7. ج

8. ج

9. ب

10. د

11. ج

12. ب

13. ج

14. د

15. ج

2.

أ. الزخم الخطي للنظام (نرجس–الحقيبة–الزلاجة) محفوظ ويساوي صفرًا؛ بسبب وضع السكون قبل رمي الحقيبة، فالزخم الخطي للحقيبة عند قذفها يساوي الزخم الخطي لنرجس والزلاجة في المقدار، ويعاكسه في الاتجاه، لذلك تتحرك نرجس والزلاجة بعكس اتجاه حركة الحقيبة.

ب. العشب أو الرمل يتشوهان أثناء الاصطدام، بحيث يزداد زمن اصطدام الطفل. وباستخدام العلاقة $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ ، ولأن مقدار التغير في الزخم ثابت، فإن مقدار القوة المؤثرة يقل بزيادة Δt.

3.

أ. نعم يتحرك القارب؛ الزخم الخطي محفوظ، لذا فإن حركة الصيّاد نحو مقدمة القارب تؤدي إلى حركة القارب في الاتجاه المعاكس بمقدار الزخم الخطي نفسه، فيكون مجموع الزخم الخطي لهما صفرًا.

ب. الزخم الخطي الابتدائي للنظام المكوّن من القارب والصيّاد يساوي صفرًا، لذا يجب أن يساوي الزخم الخطي النهائي للنظام صفرًا أيضًا بحسب قانون حفظ الزخم الخطي.

4. لهما الطاقة الحركية نفسها:

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 = \frac{1}{2}m_2v_2^2 \Rightarrow p_1v_1 = p_2v_2$$

لذلك يمتلكان مقدار الزخم الخطي نفسه فقط إذا تساوت سرعتاهما في المقدار وتساوت كتلتاهما أيضا.

5. يرمي رائد الفضاء حقيبة المعدّات بعيدًا عن المحطة الفضائية، وحسب قانون حفظ الزخم الخطي يندفع الرائد نحو المحطة.

6. كلام غيث غير صحيح علميًّا؛ لأن التشوّه في هيكل السيارة عند تعرّضها لحادث يُساهم في إبطاء سرعتها تدريجيًّا، وبالتالي زيادة زمن التصادم ممّا يُقلّل من مقدار القوة المؤثرة في السائق والركاب.

7.

أ. أختار الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$ (الشرق)، وأحسب التغير في الزخم الخطي للسيارة كما يأتي:

$$\Delta p = p_f - p_i = mv_f - mv_i = m(v_f - v_i)$$
$$= 1.35 \times 10^3 \times (0 - 15)$$
$$= -20.25 \times 10^3 \text{ kg.m/s}$$

$= -2.025 \times 10^4 \text{ kg.m/s}$

التغير في الزخم الخطي سالب، إذ يكون باتجاه محور $-x$؛ باتجاه القوة المحصلة التي يؤثر بها الجدار في السيارة.

ب. أستخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$\sum F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-2.025 \times 10^4}{0.115} = -1.761 \times 10^5 \text{ N}$$

.8

أ. أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$.

أُطبّق قانون حفظ الزخم الخطي؛ الزخم الخطي الكلي للسيارتين قبل التصادم مباشرة يساوي الزخم الخطي الكلي لهما بعد التصادم مباشرة. بعد التصادم تتحرك السيارتان معًا كجسم واحد، بالسرعة نفسها على المسار نفسه قبل التصادم.

$$\sum p_\text{i} = \sum p_\text{f}$$

$$p_\text{Ai} + p_\text{Bi} = p_\text{f}$$

$$m_\text{A} v_\text{Ai} + m_\text{B} v_\text{Bi} = (m_\text{A} + m_\text{B}) v_\text{f}$$

$$1.1 \times 10^3 \times 6.4 + 1.2 \times 10^3 \times 0 = (1.1 \times 10^3 + 1.2 \times 10^3) v_\text{f}$$

$$v_\text{f} = \frac{7.04 \times 10^3}{2.3 \times 10^3} = 3.06 \text{ m/s} \approx 3.1 \text{ m/s}$$

$$\boldsymbol{v}_\text{f} = 3.1 \text{ m/s}, +x$$

السرعة المتجهة النهائية للسيارتين موجبة، وهذا يعني أن اتجاه سرعتهما باتجاه محور $+x$، أي بنفس اتجاه حركة السيارة (A) قبل التصادم.

ب. الدفع الذي تؤثر به السيارة (B) في السيارة (A) هو $(\mathbf{I}_\text{BA})$ ويساوي التغير في الزخم الخطي للسيارة (A). أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحسابه.

$$\mathrm{I}_\text{BA} = \Delta p_\text{A} = p_\text{Af} - p_\text{Ai}$$

$$= m_\text{A}(v_\text{Af} - v_\text{Ai}) = 1.1 \times 10^3 \times (3.1 - 6.4)$$

$$= -3.63 \times 10^3 \text{ kg.m/s}$$

$$\mathbf{I}_\text{BA} = 3.63 \times 10^3 \text{ kg.m/s}, -x$$

الدفع سالب، حيث يؤثر في السيارة (A) باتجاه محور $-x$.

9. أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه حركة الجزء B، وأفترض أنه باتجاه المحور $+x$.

أ. أُطبّق قانون حفظ الزخم الخطي، مع ملاحظة أن مجموع الزخم الخطي لجزأي الجسم يساوي صفرًا قبل انفصال الجزء B.

$$\Sigma p_i = \Sigma p_f$$

$$p_{Ai} + p_{Bi} = p_{Af} + p_{Bf}$$

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

$$0 = 8.0 \times 10^2 \times v_{Af} + 1.5 \times 10^3 \times 10.0$$

$$v_{Af} = \frac{-1.5 \times 10^4}{8.0 \times 10^2}$$

$$= -18.75 \text{ m/s}$$

$$v_{Af} = 18.75 \text{ m/s}, -x$$

بما أن السرعة النهائية للجزء A سالبة، فهذا يعني أنها اتجاه سرعته بعكس اتجاه حركة الجزء B.

ب. الدفع الذي يؤثر به الجزء B في الجزء A هو ($\mathbf{I}_{BA}$). أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحسابه.

$$I_{BA} = \Delta p_A = p_{Af} - p_{Ai}$$

$$= m_A(v_{Af} - v_{Ai})$$

$$= 8.0 \times 10^2 \times (-18.75 - 0)$$

$$= -1.500 \times 10^4 \text{ kg. m/s}$$

$$\mathbf{I}_{BA} = 1.500 \times 10^4 \text{ kg. m/s}, -x$$

الدفع سالب، حيث يؤثر في الجزء A بعكس اتجاه حركة الجزء B.

10. كلامها غير صحيح علميًّا؛ لأنه عند ثني الرجلين تزداد الفترة الزمنية المستغرقة لإيقاف الجسم، فيقل مقدار القوة المتوسطة المؤثرة فيه للتغير نفسه في الزخم الخطي.

11.

أ.

$$F\,\Delta t = \mathrm{I} = \Delta p$$
$$\Delta p = 1 \times 10^3 \times 0.01 = 10\ \mathrm{N.s}$$

ب. باعتبار اتجاه تأثير القوة المحصلة هو الاتجاه الموجب، والجسم انطلق من السكون.

$$\Delta p = m\,(v_\mathrm{f} - v_\mathrm{i})$$
$$10 = 10\,(v_\mathrm{f} - 0)$$
$$v_\mathrm{f} = 1\ \mathrm{m/s}$$

12.

أ. أستخدم قانون حفظ الزخم الخطيّ.

$$\sum p_\mathrm{i} = \sum p_\mathrm{f}$$
$$m_\mathrm{A} v_\mathrm{Ai} + m_\mathrm{B} v_\mathrm{Bi} = m_\mathrm{A} v_\mathrm{Af} + m_\mathrm{B} v_\mathrm{Bf}$$
$$0.28 \times 4.5 + m_\mathrm{B} \times (-3.2) = 0.28 \times (-1.9) + m_\mathrm{B} \times 3.7$$
$$6.9\, m_\mathrm{B} = 1.792$$
$$m_\mathrm{B} = 0.26\ \mathrm{kg}$$

ب. من القانون الثالث لنيوتن: $\boldsymbol{F}_\mathrm{AB} = -\boldsymbol{F}_\mathrm{BA}$، وبضرب الطرفي في زمن التصادم الذي يكون متساويًا لكلا الجسمين، أجد أن:

$$\boldsymbol{F}_\mathrm{AB}\,\Delta t = -\boldsymbol{F}_\mathrm{BA}\,\Delta t$$
$$\mathbf{I}_\mathrm{AB} = -\mathbf{I}_\mathrm{BA}$$
$$\Delta \boldsymbol{p}_\mathrm{B} = -\Delta \boldsymbol{p}_\mathrm{A}$$
$$\Delta \boldsymbol{p}_\mathrm{A} + \Delta \boldsymbol{p}_\mathrm{B} = 0$$

وهذا يعني أن الزخم الخطي محفوظ في التصادم، حيث يكون التغير في الزخم الخطي للجسم (A) مساويًا في المقدار ومعاكسًا في الاتجاه للتغير في الزخم الخطي للجسم (B).

ج. أحسب التغير في الطاقة الحركية.

$$\Delta KE = KE_\mathrm{f} - KE_\mathrm{i}$$

$$= \frac{1}{2} m_A {v_{Af}}^2 + \frac{1}{2} m_B {v_{Bf}}^2 - \left[\frac{1}{2} m_A {v_{Ai}}^2 + \frac{1}{2} m_B {v_{Bi}}^2\right]$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.28 \times (1.9)^2 + \frac{1}{2} \times 0.26 \times (3.7)^2 - \frac{1}{2} \times 0.28 \times (4.5)^2 - \frac{1}{2} \times 0.26 \times (3.2)^2$$

$$= 2.2851 - 4.1662 = -1.8811 \text{ J}$$

بما أن الطاقة الحركية غير محفوظة فإن التصادم غير مرن.

.13

أ. أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه الشرق، باتجاه محور $+x$.

أستخدم قانون حفظ الزخم الخطي. الرمز A للسهم والرمز B للهدف.

$$\Sigma \boldsymbol{p}_i = \Sigma \boldsymbol{p}_f$$

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B) v_f$$

$$0.20 \times -15 + 0 = (0.20 + 5.8) v_f$$

$$v_f = -0.50 \text{ m/s}$$

$$\boldsymbol{v}_f = 0.50 \text{ m/s}, -x$$

ب.

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$

$$= \frac{1}{2} (m_A + m_B) {v_f}^2 - \left[\frac{1}{2} m_A {v_{Ai}}^2 + \frac{1}{2} m_B {v_{Bi}}^2\right]$$

$$= \frac{1}{2} \times (0.20 + 5.8) \times (0.50)^2 - \left[\frac{1}{2} \times 0.20 \times (15)^2 + 0\right]$$

$$= 0.75 - 22.5 = -21.75 \text{ J}$$

.14

أ. أختار نظام إحداثيات يكون فيه الاتجاه الموجب باتجاه الشرق (باتجاه محور $+x$).

أستخدم قانون حفظ الزخم. الرمز A للكرة الأولى والرمز B للكرة الثانية.

$$\sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{i}} = \sum \boldsymbol{p}_{\mathrm{f}}$$
$$m_{\mathrm{A}} v_{\mathrm{Ai}} + m_{\mathrm{B}} v_{\mathrm{Bi}} = m_{\mathrm{A}} v_{\mathrm{Af}} + m_{\mathrm{B}} v_{\mathrm{Bf}}$$
$$1.5 \times 10^{-2} \times (-0.225) + 3.0 \times 10^{-2} \times 0.180 = 1.5 \times 10^{-2} \times 0.315 + 3.0 \times 10^{-2} \times v_{\mathrm{Bf}}$$
$$-3.375 \times 10^{-3} + 5.4 \times 10^{-3} = 4.725 \times 10^{-3} + 0.030 \times v_{\mathrm{Bf}}$$
$$v_{\mathrm{Bf}} = \frac{2.025 \times 10^{-3} - 4.725 \times 10^{-3}}{0.030} = -\frac{2.7 \times 10^{-3}}{0.030} = -0.09 \text{ m/s}$$
$$\boldsymbol{v}_{\mathrm{Bf}} = 0.09 \text{ m/s}, -x$$

بما أن إشارة v_{Bf} سالبة، فإن اتجاه حركة الكرة الثانية يكون غربًا.

ب. أحسب التغير في الطاقة الحركية.

$$\Delta KE = KE_{\mathrm{f}} - KE_{\mathrm{i}}$$
$$= \frac{1}{2} m_{\mathrm{A}} {v_{\mathrm{Af}}}^2 + \frac{1}{2} m_{\mathrm{B}} {v_{\mathrm{Bf}}}^2 - \left[\frac{1}{2} m_{\mathrm{A}} {v_{\mathrm{Ai}}}^2 + \frac{1}{2} m_{\mathrm{B}} {v_{\mathrm{Bi}}}^2\right]$$
$$= \frac{1}{2} \times [1.5 \times 10^{-2} \times (0.315)^2 + 3.0 \times 10^{-2} \times (0.09)^2] - \frac{1}{2} \times [1.5 \times 10^{-2} \times (0.225)^2 + 3.0 \times 10^{-2} \times (0.180)^2]$$
$$= 8.6569 \times 10^{-4} - 8.6569 \times 10^{-4} = 0$$

بما أن الطاقة الحركية محفوظة فإن التصادم مرن.

15.

أ. مقدار القيمة العظمى للقوة التي يؤثر بها المضرب في الكرة، ويساوي $(16 \times 10^3 \text{ N})$.

ب. مقدار الدفع المؤثر في الكرة خلال فترة تأثير القوة المحصلة فيها يساوي المساحة المحصورة بين منحنى (القوة – الزمن) ومحور الزمن، ويساوي مساحة المثلث الموضح في الشكل. وأحسب مقداره كما يأتي:

$$\mathrm{I} = Area = \frac{1}{2} \times (1.2 - 0) \times 10^{-3} \times 16 \times 10^3 = 9.6 \text{ kg. m/s}$$

اتجاه الدفع باتجاه القوة المحصلة المؤثرة في الكرة.

ج. أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحساب مقدار السرعة النهائية للكرة في نهاية الفترة الزمنية.

$$I = \Delta p = p_f - p_i$$

$$9.6 = mv_f - 0$$

$$v_f = \frac{9.6}{145 \times 10^{-3}} = 66.2 \text{ m/s}$$

د. أستخدم القانون الثاني لنيوتن لحساب القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة، كما يأتي:

$$\sum F = \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

$$= \frac{9.6}{1.2 \times 10^{-3}}$$

$$= 8 \times 10^3 \text{ N}$$

أو يمكن استخدام العلاقة الآتية لحساب القوة المتوسطة:

$$I = \sum F \, \Delta t = \bar{F} \Delta t$$

$$\bar{F} = \frac{I}{\Delta t} = \frac{9.6}{1.2 \times 10^{-3}} = 8 \times 10^3 \text{ N}$$

إجابات أسئلة تفكير في كتاب التجارب والأنشطة العملية

الصفحتان 10– 11

1–

1. ب

2. ج

3. ب

4. د

2–

أ. التغير في الزخم الخطي للكرة ناتج عن تأثير المضرب بقوة فيها. أحسب مقدار التغير في الزخم الخطي للكرة، مع مراعاة أن الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$.

$$\Delta p = p_f - p_i$$
$$= mv_f - mv_i = m(v_f - v_i)$$
$$= 0.18 \times (-30.0 - 20.0)$$
$$= -9 \text{ kg. m/s}$$

ب. أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحساب الدفع الذي يؤثر به المضرب في الكرة، مع مراعاة أن الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$.

$$I = \Delta p$$
$$I = -9 \text{ kg. m/s}$$
$$\mathbf{I} = 9 \text{ kg. m/s}, -x$$

الدفع سالب، حيث يؤثر في الكرة في اتجاه محور $-x$، في اتجاه القوة المحصلة المؤثرة فيها من المضرب.

ج. أستخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$\sum F = \bar{F} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{-9}{0.60}$$
$$= -15 \text{ N}$$
$$\sum \boldsymbol{F} = 15 \text{ N}, -x$$

3- نعم يتغير؛ لأن الزخم الخطي كمية متجهة فهو يعتمد على السرعة المتجهة، وبما أن اتجاه السرعة يتغير باستمرار في أثناء حركة السيارة في المسار الدائري فإن زخمها الخطي يتغير.

4- مقدار الزخم الخطيّ الابتدائي $(p_i = m_i v)$، وعند مضاعفة الكتلة مرتين فإن مقدار زخمها الخطيّ يصبح:

$$p_f = m_f v = 2m_i v = 2p_i = 2 \times 12$$
$$= 24 \text{ kg. m/s}$$

أي يتضاعف زخمها الخطيّ مرّتين.

5-

أ. التغير في الزخم الخطي للسيارة ناتج عن تأثير الحاجز فيها بقوة، حيث لا تساهم قوة الجاذبية والقوة العمودية المؤثرتان فيها في تغير زخمها الخطي الأفقي؛ لأنهما عموديتان على اتجاه الحركة.

أستخدم مبرهنة (الزخم الخطي – الدفع) لحساب الدفع الذي يؤثر به الحاجز في السيارة، مع مراعاة أن الاتجاه الموجب باتجاه محور $+x$.

$$\begin{aligned} \mathrm{I} &= \Delta p = p_{\mathrm{f}} - p_{\mathrm{i}} \\ &= mv_{\mathrm{f}} - mv_{\mathrm{i}} = m(v_{\mathrm{f}} - v_{\mathrm{i}}) \\ &= 1.5 \times 10^3 \times \big(3.0 - (-15)\big) \\ &= 2.7 \times 10^4 \ \mathrm{kg.m/s} \\ \mathbf{I} &= 2.7 \times 10^4 \ \mathrm{kg.m/s}, + x \end{aligned}$$

الدفع موجب، حيث يؤثر في السيارة في اتجاه محور $+x$، في اتجاه القوة المحصلة المؤثرة فيها من الحاجز.

ب. أستخدم القانون الثاني لنيوتن.

$$\begin{aligned} \sum F = \bar{F} &= \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2.7 \times 10^4}{0.15} \\ &= 1.8 \times 10^5 \ \mathrm{N} \\ \sum \boldsymbol{F} &= 1.8 \times 10^5 \ \mathrm{N}, + x \end{aligned}$$

الوحدة الثانية: الحركة الدورانية Rotational Motion

الإجابات

الصفحة 37

أتأمَّل الصورة:

تنطبق قوانين نيوتن على الحركة الدورانية مثلها في ذلك مثل الحركة الخطية، وتخضع حركة هذه العربات لقوانين فيزياء الحركة الدورانية ومبادئها. يتطلب وصف هذه الحركة معرفة بالعزم لتحديد حالة الجسم الحركية، إضافة إلى معرفة الإزاحة الزاوية، السرعة الزاوية والتسارع الزاوي، وغيرها.

الصفحة 39

تجربة استهلالية: الراديان.

إجابات أسئلة: التحليل والاستنتاج

1. ناتج قسمة طول القوس الذي شكّله الخيط على نصف قطر الدائرة يمثّل الزاوية المركزية ومقدارها يساوي 1 rad.

2. يكون قياس الزاوية المركزية (θ) مُساويًا (1 rad) وهو يساوي مقدار الزاوية المقابلة لقوس طوله يساوي نصف قطر الدائرة التي يشكّل القوس جزءًا منها. ويكون قياس الزاوية بوحدة الدرجات مساويًا (57.3°) تقريبًا، حيث: $1\ \text{rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} \approx 57.3^\circ$.

لتحويل قياس زاوية بين الدرجات Degrees والتقدير الدائري Radians، أستخدم العلاقة:

$$\theta\ (\text{rad}) = \frac{\pi}{180^\circ}\theta\ (\text{deg})$$

3. يجب أن تكون النتائج متطابقة. إذا وجد أي اختلاف فيعود إلى أخطاء ارتُكبت في أثناء تنفيذ التجربة.

4. قياس طول الخيط، وقياس مقدار الزاوية بالمنقلة، التقريب، قياس نصف قُطر الدائرة، ....

الصفحة 41

أتحقّق:

العزم مقياس لمقدرة القوّة على إحداث دورانٍ لجسم، وهو كميّةٌ مُتّجهةٌ، رمزه $(\boldsymbol{\tau})$، ويُعرّف رياضيًّا بأنه يساوي ناتج الضرب المتجهي لمتجه القوة $(\boldsymbol{F})$ ومتجه موقع نقطة تأثير القوة $(\boldsymbol{r})$ الذي يبدأ من نقطة

على محور الدوران وينتهي عند نقطة تأثير القوة. ويتناسب مقدار العزم طرديًّا مع كلٍّ من مقدار القوة (F) وطول ذراعها $(r \sin\theta)$.

الصفحة 42

أتحقّق:

حساب عزم كل قوّةٍ حول محور الدوران على حدة، ثم إيجاد العزم المُحصّل $(\sum\tau)$ المؤثر في الجسم بجمعها مع مراعاة إشارة كلٍّ منها. إذا كان العزم المحصّل موجبًا فإن الجسم يدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، وإذا كان سالبًا فإن الجسم يدور باتجاه حركة عقارب الساعة.

الصفحة 43

تمرين.

الزاوية بين متجه القوة ومتجه موقع نقطة تأثير القوة تساوي (65°)، و $\sin 65^\circ = 0.9$.

أستخدم علاقة العزم لحساب عزم قوة العامل.

$$\begin{aligned}\tau &= r\,F\sin\theta \\ &= 1.50 \times 1.80 \times 10^2 \sin 65^\circ \\ &= 245\ \text{N.m}\end{aligned}$$

العزم موجب؛ لأن قوة العامل تعمل على تدوير العربة بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة حول محور دورانها.

الصفحة 44

أتحقّق:

عزم الازدواج $(\boldsymbol{\tau}_{\text{couple}})$ هو العزم الناتج عن تأثير قوتين متساويتين مقدارًا ومتعاكستين اتجاهًا وخطّي عملهما غير متطابقين. وهو يعتمد على مقدار إحدى القوّتين المتساويتين، والبُعد العمودي بينهما.

الصفحة 46

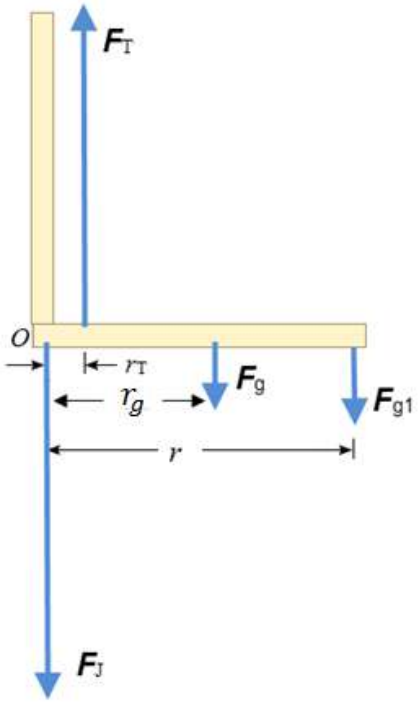
أتحقّق:

الشرط الأول: أن تكونَ القوّة المُحصّلة المؤثّرة فيه تساوي صفرًا $(\sum \boldsymbol{F} = 0)$.

الشرط الثاني: أن يكونَ العزم المُحصّل المؤثّر فيه يساوي صفرًا $(\sum \boldsymbol{\tau} = 0)$.

الصفحة 47

تمرين.



أ. أرسم الساعد على شكل قضيب كما هو موضح؛ لتبسيط المسألة، حيث $(\boldsymbol{F}_T)$ هي قوة الشد في العضلة المؤثرة في الساعد، و$(\boldsymbol{F}_J)$ هي القوة التي يؤثر بها المرفق في الساعد، و$(\boldsymbol{F}_{g1})$ وزن الكرة، و$(\boldsymbol{F}_g)$ وزن عظم الساعد والأنسجة فيه. وبما أن النظام في حالة اتزان سكوني، ومقدار كل من قوة الشد في العضلة والقوة التي يؤثر بها المرفق في الساعد غير معلوم فإنني أُطبّق الشرط الثاني للاتزان حول محور عمودي على الصفحة عبر المرفق (النقطة O)؛ لإيجاد مقدار $(\boldsymbol{F}_T)$. إن العزم الناتج عن القوة التي يؤثر بها المرفق في الساعد $(\boldsymbol{F}_J)$ يساوي صفرًا؛ لأن محور الدوران يمر في نقطة تأثيرها. الساعد متزن أُفقيًّا، لذا فإن $(\theta = 90^\circ)$.

$$\sum \tau_O = 0$$
$$F_T\, r_T - F_g\, r_g - F_{g1}\, r = 0$$
$$F_T \times 5.0 \times 10^{-2} - 30.0 \times 15.0 \times 10^{-2} - 40.0 \times 35.0 \times 10^{-2} = 0$$
$$F_T = 370 \text{ N}$$

ب. النظام في حالة اتزان سكوني، لذا فإن القوة المحصّلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا، ونطبّق القانون الثاني لنيوتن على الساعد في اتجاه محور y لإيجاد مقدار القوة $(\boldsymbol{F}_J)$؛ لأنه لا توجد قوى تؤثر في اتجاه محور x.

$$\sum F_y = ma_y = 0$$
$$F_T - (F_J + F_g + F_{g1}) = 0$$
$$F_J = F_T - F_g - F_{g1}$$
$$= 370 - 30.0 - 40.0$$
$$= 300 \text{ N}$$

الصفحة 48

أُفكِّر.

العزم المحصّل لجسيمات نظام حول مركز كتلته يساوي صفرًا. محور الدوران محور ثابت عمودي على مستوى الصفحة يمر بمركز كتلة النظام الموضح في الشكل (16). ويكون عزم مركز كتلة النظام حول المحور صفرًا.

$$\sum \tau_{CM} = 0$$

$$m_A\,(x_{CM} - x_A) - m_B\,(x_B - x_{CM}) = 0$$

$$m_A\,x_{CM} - m_A\,x_A - m_B\,x_B + m_B\,x_{CM} = 0$$

$$x_{CM}(m_A + m_B) = m_A\,x_A + m_B\,x_B$$

$$x_{CM} = \frac{m_A x_A + m_B x_B}{m_A + m_B} = \frac{m_A x_A + m_B x_B}{M}$$

الصفحة 49

التجربة 1: تحديد مركز الكتلة.

إجابات أسئلة التحليل والاستنتاج

1. اتزنت المسطرة المترية عند تعليقها من نقطة في منتصف المسافة بين نهايتيها (مركزها الهندسي)، وهذه النقطة هي مركز كتلة المسطرة (CM)، وأستنتج أن الأجسام المتماثلة المنتظمة تقع مراكز كتلها في مراكزها الهندسية.

2. هذه النقطة هي مركز كتلة المسطرة (CM)، وأستنتج أنه لتحديد مركز كتلة جسم غير منتظم يلزمني تعليقه بشكل حر من موقعين على الأقل، فيكون مركز الكتلة عند نقطة تقاطع الخطين.

3. تقع مراكز كتل الأجسام المنتظمة والمتماثلة في مراكزها الهندسية، أما الأجسام غير المتماثلة وغير المنتظمة (قطعة الورق المقوى، مثلًا) فتكون مراكز كتلها أقرب للجزء الأكبر كتلة منها.

4. تكون قطعة الورق المقوّى متزنة ولا تدور عند تعليقها، إذ تمثّل هذه النقطة مركز كتلتها، وعند تعليق جسم من مركز كتلته فإنه يكون متزنًا.

الصفحة 50

أتحقّق:

مركز كتل الجسم المنتظم والمتماثل يقع في مركزه الهندسي، أما الجسم غير المنتظم وغير المتماثل فيكون مركز كتلته أقرب للجزء الأكبر كتلة منه.

تمرين.

أستخدم العلاقة الآتية لإيجاد الإحداثي (x_{CM}):

$$x_{CM} = \frac{m_A x_A + m_B x_B}{m_A + m_B}$$

$$= \frac{4.0 \times 5.0 \times 10^{-2} + 4.0 \times 15.0 \times 10^{-2}}{4.0 + 4.0}$$

$$= 1 \times 10^{-1}\ \text{m} = 10.0\ \text{cm}$$

أُلاحظ أن موقع مركز الكتلة في منتصف المسافة بين الكرتين.

الصفحة 51

مراجعة الدرس

1. **العزم** مقياس لمقدرة القوة على إحداث دوران، وهو كمية متجهة، رمزه $(\boldsymbol{\tau})$، ويُعرف رياضيًّا على أنه يساوي ناتج الضرب المتجهي لمتجه القوة $(\boldsymbol{F})$ ومتجه موقع نقطة تأثير القوة $(\boldsymbol{r})$ الذي يبدأ من نقطة على محور الدوران وينتهي عند نقطة تأثير القوة. و**شرطا اتزان جسم** أن تكون القوة المحصّلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا $(\sum \boldsymbol{F} = 0)$، وأن يكون العزم المحصّل المؤثر فيه يساوي صفرًا $(\sum \boldsymbol{\tau} = 0)$.

2. يكون موقع نقطة تأثير القوة أبعد ما يُمكن عن محور الدوران، ويكون اتجاه القوة عموديًّا على مستوى الباب.

3. يُعرّف مركز الكتلة Centre of mass (CM) لجسم أنّه؛ النقطة التي يُمكن افتراض كتلة الجسم كاملةً مُركّزةً فيها.

4. بما أن القوة المحصّلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا فقد تحقق الشرط الأول للاتزان. وحيث أن خطوط عمل القوى تمر في نقطة واحدة فإن العزم المحصّل لها يساوي صفرًا (الشرط الثاني للاتزان)، لذا يكون الجسم متزنًا.

5. عند حدوث عدم تماثل في توزيع كتلة الاطار (حدوث تآكل في بعض أجزاء العجل مثلا)، لا ينطبق مركز كتلة الإطار مع مركزه الهندسي الذي يمر فيه محور الدوران، ما يسبب اهتزاز عجل السيارة خصوصا عند السرعات العالية.

ولضمان توزيع منتظم لكتلة الإطار بحيث ينطبق مركز كتلته مع مركزه الهندسي يتم إضافة قطع من الرصاص لاستعادة توزيع منتظم لكتلة العجل حول محور الدوران. هذا بدوره يؤدي إلى توقف الاطار عن الاهتزاز عند السرعات المرتفعة.

.6

	القوة المحصّلة المؤثرة	السرعة الخطية	التسارع الخطي
الاتزان السكوني	تساوي صفرًا	تساوي صفرًا	يساوي صفرًا
الاتزان الحركي (الانتقالي)	تساوي صفرًا	ثابتة مقدارًا واتجاهًا	يساوي صفرًا

7. وَصْل ماسورة في طرف مفتاح الشد لزيادة طول ذراع القوة، فيزداد العزم المحصّل المؤثر.

جعل القوة التي يؤثر بها أخيها في مفتاح الشد عمودية على المفتاح، فيزداد العزم المحصّل المؤثر.

زيادة مقدار القوة المؤثرة في مفتاح الشد، عن طريق الاستفادة من وزنه بالوقوف على طرف المفتاح بحذر.

8. عزم (ب) > عزم (ج) > عزم (أ).

9. تؤثر قوة الاحتكاك السكوني بين إطارات السيارة وسطح الطريق بقوة إلى الأمام لتحريك السيارة، ويكون مركز كتلة السيارة عند نقطة في مستوى فوق مستوى سطح الطريق، لذا يوجد عزم محصّل يعمل على تدوير السيارة بحيث ترتفع مقدمتها.

الصفحة 52

أتحقّق:

الإزاحةُ الزاويّة هي التغيُّر في الموقع الزاويّ $(\Delta\theta = \theta_f - \theta_i)$، وتساوي الزاوية التي يمسحُها نصف قطر المسار الدائريّ الذي يدورُ مع الجسم.

الصفحة 53

أتحقّق:

السرعة الزاويّة المتوسّطة $(\bar{\omega})$ لجسم هي نسبة الإزاحة الزاويّة $(\Delta\theta)$ لذلك الجسم إلى الفترة الزمنية (Δt) التي حدثت خلالها هذه الإزاحة، وتُعطى بالعلاقة الآتية: $\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$.

الصفحة 54

أتحقّق:

التسارُع الزاويّ المتوسط هو نسبةُ التغيّر في مقدار السرعة الزاويّة إلى الزمن اللازم لحدوث هذا التغيّر، رمزه $(\bar{\alpha})$ ويُقاس بوحدة $(\mathrm{rad/s^2})$: $\bar{\alpha} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$.

تمرين.

أ. الإطار يدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، لذا تكون سرعته الزاوية وإزاحته الزاوية موجبتين.

$$\bar{\omega} = \omega_i = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$\Delta\theta = \omega_i t_1$$
$$= 2.0 \times 20.0 = 40.0 \text{ rad}$$

ب. السرعة الزاوية والتسارع الزاوي موجبان، لذا يزداد مقدار السرعة الزاوية. وأحسب السرعة الزاوية النهائية كما يأتي:

$$\omega_f = \omega_i + \alpha t_2$$
$$= 2.0 + 3.5 \times 10.0$$
$$= 37 \text{ rad/s}$$

الصفحة 56

أتحقّق:

عزم القصور الذاتي مقياسٌ لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركيّة الدورانيّة.

الصفحة 57

تمرين.

أ. اللعبة تدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة فيكون العزم موجبًا، وأستخدم علاقة العزم لحساب مقداره كما يأتي:

$$\sum\tau = F\, r \sin\theta = 250 \times 2.0 \sin 90^\circ = 5.0 \times 10^2 \text{ N.m}$$

ب. باستخدام الجدول (1) أحسب عزم القصور الذاتي لقرص اللعبة حول محور دورانه.

$$I_{disc} = \frac{1}{2} m r^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 50.0 \times (2.00)^2$$
$$= 1.0 \times 10^2 \text{ kg.m}^2$$

ثم أحسب مقدار التسارع الزاوي للعبة.

$$\sum \tau = I\alpha$$
$$5.0 \times 10^2 = 1.0 \times 10^2 \times \alpha$$
$$\alpha = 5.0 \text{ rad/s}^2$$

ج. اللعبة تدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، فتكون سرعتها الزاوية موجبة، وأستخدم المعادلة الآتية لحساب مقدارها.

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_f - \omega_i}{t}$$

$$\omega_f = \omega_i + \alpha t = 0 + 5.0 \times 2.0 = 10.0 \text{ rad/s}$$

د. بداية، أحسب عزم القصور الذاتي للنظام المكوّن من القرص والطفل معًا حول محور دوران اللعبة، باعتبار الطفل جُسيم نقطي على بُعد (1.5 m) من محور الدوران.

$$I = I_{disc} + I_{child}$$
$$I = 1.0 \times 10^2 + m_{child} (r_{child})^2$$
$$= 2.0 \times 10^2 + 20.0 \times (1.5)^2$$
$$= 145 \text{ kg.m}^2$$

ثم أحسب مقدار التسارع الزاوي للعبة.

$$\sum \tau = I\alpha$$
$$5.0 \times 10^2 = 145 \times \alpha$$
$$\alpha = 3.4 \text{ rad/s}^2$$

الصفحة 58

مراجعة الدرس

1. من الكميات الفيزيائية اللازمة لوصف الحركة الدورانية: العزم، والإزاحة الزاوية، والسرعة الزاوية، والتسارع الزاوي.

عزم القصور الذاتي مقياسٌ لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركيّة الدورانيّة، رمزُه (I).

2.

أ. بما أن الإطارات تدور بسرعة زاوية ثابتة فإن تسارعها الزاوي يساوي صفرًا.

ب. بما أن شكل الإطار ثابت فإن جميع أجزائه تدور بمقدار السرعة الزاوية نفسه.

3.

أ. بما أن إشارة السرعة الزاوية سالبة فإن الجسم يدور باتجاه حركة عقارب الساعة.

ب. بما أن إشارتي السرعة الزاوية والتسارع الزاوي مختلفتان فإن الجسم يتباطأ.

4. لجميع أجزاء الإطار السرعة الزاوية نفسها.

5. يعتمد عزم القصور الذاتي لجسم على كيفية توزيع كتلته حول محور دورانه، وعلى موقع محور الدوران.

6.

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t} = \frac{2.6 \times 10^3 - 0}{4.0}$$
$$= 6.5 \times 10^2 \text{ rad/s}^2$$

7. تدوير القلم حول محوره الهندسي أسهل إذ يكون عزم القصور الذاتي له في هذه الحالة أصغر مقارنة بعزم القصور الذاتي عند تدويره حول محور عمودي عليه مارًّا بمركز كتلته.

8. في الحالة الاولى، تبعد كل كرة مسافة $(r_1 = \frac{L}{2})$ عن محور الدوران، وكتلتا الكرتين متساويتان. أحسب عزم القصور الذاتي كما يأتي:

$$I = m {r_1}^2 + m {r_1}^2 = 2m {r_1}^2 = \frac{mL^2}{2}$$

أُلاحظ أن عزم القصور الذاتي يساوي ناتج جمع عزمي القصور الذاتي للكرتين حول محور الدوران نفسه.

في الحالة الثانية، يمر محور الدوران في إحدى الكرتين لذا لا تُساهم هذه الكرة في عزم القصور الذاتي؛ لأن $(r = 0)$، بينما تبعد الكرة الثانية مسافة مقدارها (L). وأحسب عزم القصور الذاتي في هذه الحالة كما يأتي:

$$\mathrm{I} = m r^2 + 0 = m r^2 = m L^2$$

يكون عزم القصور الذاتي أكبر عند تدوير القضيب حول أحد طرفيه، وفي هذه الحالة يلزم عزم محصّل أكبر لبدء تدوير النظام.

الصفحة 59

أتحقّق:

تعتمدُ الطاقة الحركية الدورانية لجسمٍ على عزم القصور الذاتي له، وسرعته الزاويّة، وتُقاس الطاقة الحركية الدورانية بوحدة (J).

أُفكِّر.

نعم يتغير مقدار الطاقة الحركية الدورانية، لأنه بتغير موقع محور الدوران يتغير عزم القصور الذاتي للنظام.

الصفحة 60

تمرين.

$$KE_{\mathrm{R}} = \frac{1}{2}\,\mathrm{I}\omega^2 = \frac{1}{2}\,(\frac{1}{2}mr^2)\omega^2 = \frac{1}{4} \times 2.0 \times (0.50)^2 \times (8.0)^2 = 8.0\ \mathrm{J}$$

الصفحة 61

أتحقّق:

الزخَم الزاويّ يُعرف بأنّه يساوي ناتج ضربِ عزم القصور الذاتي للجسم أو النظام في سرعته الزاويّة. وهو كميّةٌ مُتّجهةٌ، يعتمد على عزم القصور الذاتي والسرعة الزاوية، ووحدة قياسه $(\mathrm{kg.\,m^2/s})$ حسب النظام الدولي للوحدات.

الصفحة 62

أتحقّق:

العزم المُحصّل المؤثّر في جسمٍ يتحرّك حركةً دورانيّةً حول محورٍ ثابتٍ يُساوي المعدّل الزمنيّ للتغيّر في زخَمه الزاويّ حولَ المحور نفسه.

الصفحة 63

تمرين.

$$\sum \tau = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{\mathrm{I}\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\mathrm{I}(\omega_{\mathrm{f}} - \omega_{\mathrm{i}})}{\Delta t}$$

$$\sum \tau = \frac{2 \times 10^{-2}(40 - 20)}{5} = 8 \times 10^{-2}\ \mathrm{N.m}$$

الصفحة 64

أتحقّق:

ينصُّ قانون حفظ الزخَم الزاويّ على أنّ: "الزخَم الزاويّ لنظامٍ معزولٍ يظلُّ ثابتًا في المقدار والاتّجاه"، إذ يكونُ العزم المحصّل المؤثّر في النظام المعزول صفرًا. أي أنّ الزخَم الزاويّ الابتدائيّ لنظامٍ معزولٍ يُساوي زخَمه الزاويّ النهائيّ.

الصفحة 66

مراجعة الدرس

1. **الزخَم الزاويّ** يُعرف بأنّه يساوي ناتج ضربِ عزم القصور الذاتي للجسم أو النظام في سرعته الزاويّة، وهو كمية متجهة، رمزه (L). وينصّ **قانون حفظ الزخم الزاوي** على أن: "الزخَم الزاويّ لنظامٍ معزولٍ يظلُّ ثابتًا في المقدار والاتّجاه"، إذ يكونُ العزم المحصّل المؤثّر في النظام المعزول صفرًا. وتعتمد **الطاقة الحركية الدورانية** لجسم يدور حول محور ثابت على عزم قصوره الذاتي وسرعته الزاوية.

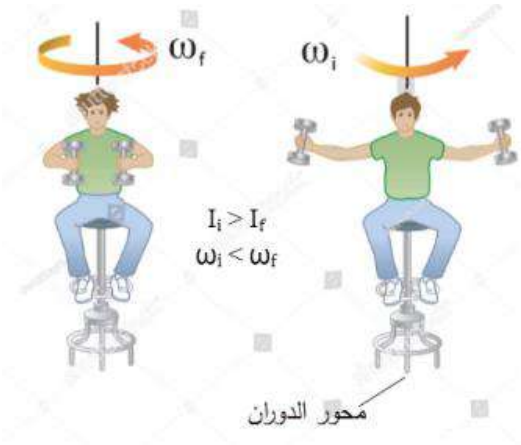
2. الأنبوب المجوف يمتلك عزم قصور ذاتي أكبر، لأن كتلته موزعة على سطح الأنبوب بعيدا عن محور الدوران مقارنة بالأنبوب المسمط. وبالرجوع إلى العلاقة: $(KE_R = I\omega^2)$ فإن الطاقة الحركية الدورانية تتناسب طرديا مع عزم القصور الذاتي، بثبوت السرعة الزاوية. فيكون للاسطوانة المجوفة طاقة حركية دورانية أكبر

3.

أ. مقدار الزخم الزاوي للأُسطوانة المجوّفة أكبر منه للأُسطوانة المصمتة؛ لأن الزخم الزاوي يعتمد على عزم القصور الذاتي والسرعة الزاوية، وهما تدوران بمقدار السرعة الزاوية نفسه، وعزم القصور الذاتي للأسطوانة المجوّفة أكبر منه للأسطوانة المصمتة.

ب. مقدار الطاقة الحركية الدورانية للأُسطوانة المجوّفة أكبر منه للأُسطوانة المصمتة؛ لأن الطاقة الحركية الدورانية تعتمد على عزم القصور الذاتي ومربع مقدار السرعة الزاوية، وهما تدوران بمقدار السرعة الزاوية نفسه، وعزم القصور الذاتي للأسطوانة المجوّفة أكبر منه للأسطوانة المصمتة.

4.



أ. يؤدي ضمّ الطالب لذراعيه إلى تقليل مقدار عزم القصور الذاتي له حول محور الدوران الرأسي من المقدار (I_i) إلى المقدار (I_f)، لأنه حرّك جزء من كتلته وحرّك الثقلين قريبًا من محور الدوران.

ب. لا يوجد عزم محصّل مؤثر في النظام الذي يتكون من الطالب والكرسي والثقلين، لذا يكون الزخم الزاوي محفوظًا لهذا النظام حول محور الدوران. أُلاحظ أن عزم القصور الذاتي للطالب في **الشكل (B)** أقل منه في **الشكل (A)**؛ أي أن: $(I_i > I_f)$، لذا يجب أن يكون مقدار سرعته الزاوية النهائية (ω_f) في **الشكل (B)** أكبر مقارنة بمقدار سرعته الزاوية الابتدائية (ω_i)، بحسب قانون حفظ الزخم الزاوي. أي يزداد مقدار سرعته الزاوية، ويتغير من (ω_i) إلى (ω_f). ويمكن للطالب تقليل مقدار سرعته الزاوية عن طريق مد ذراعيه مرة أخرى على استقامتيهما، وتحريك الثقلين إلى الخارج.

الصفحات 68 – 72

مراجعة الوحدة

1.

1. أ

2. د

3. ب

4. أ

5. أ
6. ج
7. أ
8. ب
9. د
10. ب
11. ب
12. ج
13. ب
14. أ
15. ب
16. ج
17. أ

2.

أ. لأن العزم الناتج عن كل من القوى المؤثرة في محور دوران جسم، والقوى التي يمر خط عملها في محور الدوران يساوي صفرًا؛ لأن طول ذراع القوة يساوي صفرًا.

ب. كلّما كانت كتلة الجسم (أو الجزء الأكبر من كتلته) أقرب إلى محور دورانه كان عزم قصوره الذاتي أقل.

3. **الكتلة:** تقيس ممانعة الجسم لتغيير حالته الحركية الانتقالية، وهي ثابتة لا تتغير.

عزم القصور الذاتي: يقيس ممانعة الجسم لتغيير حالته الحركية الدورانية، وهو يتغير بتغير محور الدوران.

4. مقدارا السرعة الزاوية لهما متساويان؛ إذ تقطع الفتاتان الزاوية نفسها خلال الفترة الزمنية نفسها.

5. **الشكل (أ):** يفتح الباب؛ لأن خط عمل القوة عمودي على محور الدوران، والبعد بين خط عمل القوة ومحور الدوران أكبر ما يمكن.

الشكل (ب): لا يفتح الباب؛ لأن خط عمل القوة يمر في محور الدوران وعزم القوة يساوي صفرًا.

الشكل (ج): لا يفتح الباب؛ لأن القوة تؤثر في محور الدوران، أي أن البُعد العمودي بين خط عمل القوة ومحور الدوران يساوي صفرًا، فيكون عزمها صفرًا.

6. أثقب ثقبين صغيرين متباعدين عند حافة قطعة البوليسترين، ثم أُعلّقها بخيط من أحدهما رأسيًّا في الهواء، وعند توقّف قطعة البوليسترين عن التأرجح أرسم خطًّا عليها على امتداد طول الخيط. ثم أُعلّق قطعة البوليسترين من الثقب الثاني وأُكرّر ما عملته سابقًا. يقع مركز الكتلة في منتصف المسافة بين سطحي قطعة البوليسترين تحت نقطة تقاطع هذين الخطين.

7.

أ. لتقليل مقدار عزم قصوره الذاتي حيث يقل البعد بين كتلته ومحور دورانه، ممّا يُمكّنه من الدوران بسرعة زاوية أكبر.

ب. تؤثر قوة الجاذبية في مركز كتلته لذا لا ينشأ عنها عزم يؤثر في الغطّاس، ويكون العزم المحصّل المؤثر في الغطّاس صفرًا فيبقى زخمه الزاوي محفوظًا أي لا يتغير زخمه الزاوي؛ فنقصان عزم القصور الذاتي يقابله زيادة في السرعة الزاوية.

ج. العزم المحصّل المؤثر في الغطّاس صفرًا فيبقى زخمه الزاوي محفوظًا؛ أي لا يتغير زخمه الزاوي، ويؤدي نقصان عزم القصور الذاتي له إلى زيادة مقدار سرعته الزاوية.

د. بعد ضم قدميه وذراعيه يقل عزم قصوره الذاتي بينما يزداد مقدار سرعته الزاوية بالنسبة نفسها؛ فإذا قلّ مقدار عزم القصور الذاتي بمقدار النصف يتضاعف مقدار سرعته الزاوية مرّتان، وبما أن الطاقة الحركية الدورانية تتناسب طرديًّا مع مربّع مقدار السرعة الزاوية فإن مقدار طاقته الحركية الزاوية يزداد.

8. العربة تدور بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، فتكون الإزاحة الزاوية والسرعة الزاوية موجبتين.

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$= \frac{1.5}{3.0} = 0.5 \text{ rad/s}$$

9.

أ.

$$F = \frac{\tau}{r \sin\theta}$$
$$= \frac{50.0}{0.25 \sin 60^\circ} = 230.9 \text{ N} \approx 231 \text{ N}$$

ب. سوف يدور مفتاح الشد باتجاه حركة عقارب الساعة، لذا يكون عزم القوة سالبًا.

10. القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه وخطّا عملهما غير متطابقين، لذا فإنهما تشكّلان ازدواجًا يعمل على تدوير القضيب باتجاه حركة عقارب الساعة. وأحسب مقدار الزاوية (θ) كما يأتي:

$$\tau_{\text{couple}} = 2F\, r \sin\theta$$
$$\sin\theta = \frac{\tau_{\text{couple}}}{2F\, r} = \frac{130}{2 \times 100 \times 0.75} = 0.866$$
$$\theta = \sin^{-1}(0.866) = 120^\circ \text{or } 60^\circ$$

حيث $\sin 120^\circ = \sin 60^\circ = 0.866$، ولأن الزاوية منفرجة فيكون مقدارها (120°).

11.

أ.

$$L_i = I_i\, \omega_i = \left(\frac{1}{2} M r^2 + m r^2\right) \omega_i$$
$$= \left(\frac{1}{2} \times 2 \times 10^2 \times (4)^2 + 50 \times (4)^2\right) \times 2$$
$$= 4.8 \times 10^3 \text{ kg.m}^2/\text{s}$$

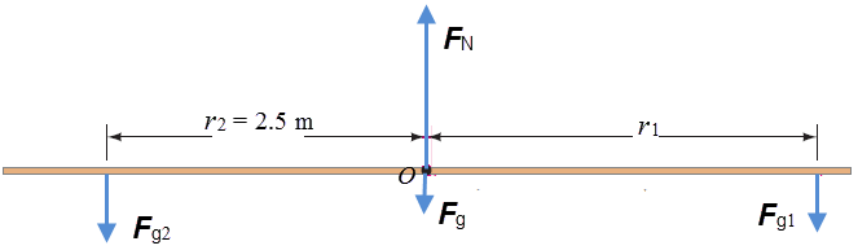
ب. النظام معزول، فيكون العزم المحصّل المؤثر فيه صفرًا، ويكون الزخم الزاوي محفوظًا، لذا فإن:

$$L_f = L_i$$
$$I_f\, \omega_f = 4.8 \times 10^3$$
$$\omega_f = \frac{4.8 \times 10^3}{I_f} = \frac{4.8 \times 10^3}{\left(\frac{1}{2} M r^2 + m \left(\frac{r}{2}\right)^2\right)}$$
$$= \frac{4.8 \times 10^3}{\left(\frac{1}{2} \times 2 \times 10^2 \times (4)^2 + 50 \times (2)^2\right)} = \frac{4.8 \times 10^3}{(1600 + 200)} = 2.67 \text{ rad/s}$$

12. أستخدم العلاقة الآتية لإيجاد الإحداثي (x_{CM}):

$$x_{CM} = \frac{m_A x_A + m_B x_B + m_C x_C}{m_A + m_B + m_C} = \frac{2 \times 1 + 3 \times 5 + 1 \times 7}{2 + 3 + 1} = 4 \text{ m}$$

13.



أ. يتأثر اللوح الخشبي بأربع قوى، هي: وزن نهى (F_{g1})، ووزن ماهر (F_{g2})، ووزن اللوح (F_g) يؤثر في مركز كتلة اللوح وهو مركز الهندسي لأنه منتظم ومتماثل، والقوة العمودية (F_N) التي تؤثر بها نقطة الارتكاز في اللوح، كما هو موضح في مخطط الجسم الحر. وبما أنّ النظام متزن، ومقدار القوة العمودية غير معلوم فإنني أُطبّق الشرط الأول للاتزان، حيث القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا. وأُطبّق القانون الثاني لنيوتن في اتجاه محور y؛ لأنه لا توجد قوى تؤثر في اتجاه محور x.

$$\sum F_y = ma_y = 0$$
$$F_N - (F_g + F_{g1} + F_{g2}) = 0$$
$$F_N = F_g + F_{g1} + F_{g2}$$
$$= 150 + 250 + 300$$
$$= 700 \text{ N}$$

ب. لإيجاد الموقع الذي يجب أن تجلس فيه نهى بحيث يكون النظام متزن أُطبّق الشرط الثاني للاتزان. إذا أخذت محورًا عموديًّا على الصفحة عبر نقطة الارتكاز (O) (مركز كتلة اللوح) كمحور دوران لمعادلة العزم، فإن العزم الناتج عن كلّ من القوة العمودية (F_N) وقوة الجاذبية (F_g) يساوي صفرًا. وأُلاحظ أن اللوح متزن أُفقيًّا لذا فإنّ $(\theta = 90°)$.

$$\sum \tau = 0$$

$$F_{g1}\, r_1 = F_{g2}\, r_2$$
$$250 \times r_1 = 300 \times 2.5$$
$$r_1 = \frac{750}{250}$$
$$= 3 \text{ m}$$

يجب أن تجلس نهى على بُعد (3 m) يمين نقطة ارتكاز اللوح الخشبي كي يكون النظام متزنًا.

.14

أ. أُلاحظ أن عزم القصور الذاتي للكرتين (m) يساوي صفرًا؛ لأنهما تقعان على محور الدوران (y).

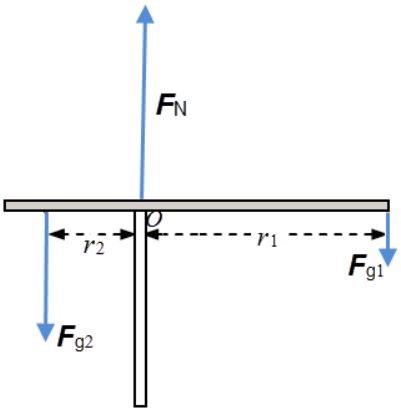
وأحسب عزم القصور الذاتي في هذه الحالة كما يأتي:

$$\begin{aligned} \mathrm{I} &= M\,a^2 + M\,a^2 = 2\,M\,a^2 \\ &= 2 \times 100 \times 10^{-3} \times (20 \times 10^{-2})^2 \\ &= 8 \times 10^{-3}\ \mathrm{kg.m^2} \end{aligned}$$

ب. أحسب الطاقة الحركية الدورانية للنظام كما يأتي:

$$\begin{aligned} KE_{\mathrm{R}} &= \frac{1}{2}\,\mathrm{I}\omega^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 8 \times 10^{-3} \times (2)^2 = 1.6 \times 10^{-2}\ \mathrm{J} \end{aligned}$$

.15



أ. يتأثر ذراع الرافعة بثلاث قوى (كتلة الرافعة مهملة)، هي: وزن الحِمل (F_{g1})، ووزن الثقل الموازِن (F_{g2})، والقوة العمودية (F_{N}) المؤثرة في الرافعة عند نقطة الارتكاز (O)، كما هو موضح في الشكل. لإيجاد موقع الثقل الموازِن بحيث يكون النظام متزن أُطبّق الشرط الثاني للاتزان. إذا أخذت محورًا عموديًّا على الصفحة عبر نقطة الارتكاز (O) كمحور دوران لمعادلة العزم، فإن العزم الناتج عن القوة العمودية (F_{N}) المؤثرة في اللوح يساوي صفرًا. وأُلاحظ أن ذراع الرافعة متزن أُفقيًّا لذا فإن $(\theta = 90^\circ)$.

$$\sum \tau = 0$$

$$F_{g1}\,r_1 = F_{g2}\,r_2$$

$$3.0 \times 10^4 \times 6.0 = 1.0 \times 10^5 \times r_2$$

$$r_2 = \frac{18 \times 10^4}{1 \times 10^5}$$

$$= 1.8\ \mathrm{m}$$

يجب أن يكون موقع الثقل الموازِن على بُعد (1.8 m) يسار نقطة الارتكاز (O) كي يكون النظام متزنًا.

ب. موقع الثقل الموازِن عند أبعد نقطة عن نقطة الارتكاز ($r_2 = 3.0\ \text{m}$)، ومقدار الثقل (m) هو المجهول. أُطبّق الشرط الثاني للاتزان حول المحور (O).

$$\sum \tau = 0$$

$$F_{g1}\, r_1 = F_{g2}\, r_2$$

$$F_{g1} \times 6.0 = 1.0 \times 10^5 \times 3.0$$

$$F_{g1} = \frac{3.0 \times 10^5}{6.0}$$

$$= 5.0 \times 10^4\ \text{N}$$

$$m_2 = \frac{F_{g1}}{g} = \frac{5.0 \times 10^4}{10} = 5.0 \times 10^3\ \text{kg}$$

إجابات أسئلة تفكير في كتاب التجارب والأنشطة العملية

الصفحتان 16 – 17

1–

1. ج

2. أ

3. ب

4. د

5. ب

6. ب

7. ج

2–

$$\tau_{\text{couple}} = 2F\, r \sin\theta$$

$$= 2 \times 3.0 \times 4.0 \times 10^{-2} \sin 90^\circ = 0.24\ \text{N.m}$$

3– أفترض أن قوى الاحتكاك مع الجليد مهملة كما هو مُعطى في السؤال، لذا يُمكن التعامل مع النظام على أنه معزول، ويكون الزخم الزاوي محفوظ، و($I_f = \frac{1}{2} I_i$)، لذا فإن:

$$L_{\mathrm{i}} = L_{\mathrm{f}}$$

$$\mathrm{I_i}\ \omega_{\mathrm{i}} = \mathrm{I_f}\ \omega_{\mathrm{f}}$$

$$\mathrm{I_i}\ \omega_{\mathrm{i}} = \frac{1}{2}\mathrm{I_i}\ \omega_{\mathrm{f}}$$

$$\omega_{\mathrm{f}} = 2\ \omega_{\mathrm{i}}$$

بما أن الزخم الزاوي محفوظ فإن نقصان عزم القصور الذاتي يؤدي إلى زيادة مقدار السرعة الزاوية، حيث $(\mathrm{I}\ \omega = constant)$.

4-

أ. تؤثر في الجسر أربع قوى: $(\boldsymbol{F}_{\mathrm{A}})$ القوة العمودية المؤثرة في الطرف (A) من الجسر، و$(\boldsymbol{F}_{\mathrm{B}})$ القوة العمودية المؤثرة في الطرف (B) من الجسر، و$(\boldsymbol{F}_{g1})$ وزن الشخص، و$(\boldsymbol{F}_{g})$ وزن الجسر يؤثر في منتصفه عند مركز كتلته كون الجسر منتظم متماثل. وبما أن النظام في حالة اتزان سكوني، فإنني أُطبّق الشرط الثاني للاتزان حول محور عمودي على الصفحة عبر الطرف (B) للجسر؛ لأجد مقدار $(\boldsymbol{F}_{\mathrm{A}})$. إنّ العزم الناتج عن القوة العمودية $(\boldsymbol{F}_{\mathrm{B}})$ يساوي صفرًا؛ لأن محور الدوران يمر في نقطة تأثيرها. وأُلاحظ أن الجسر متزن أُفقيًّا لذا فإنّ $(\theta = 90^{\circ})$.

$$\sum \tau_{(\mathrm{B})} = 0$$
$$F_{\mathrm{A}}\ r - F_g\ r_{\mathrm{CM}} - F_{g1}\ r_1 = 0$$
$$F_{\mathrm{A}} \times 8.0 = 200 \times 4.0 + 800 \times 6.0$$
$$F_{\mathrm{A}} = 700\ \mathrm{N}$$

ب. النظام في حالة اتزان سكوني، لذا فإن القوة المحصّلة المؤثرة فيه تساوي صفرًا، وأُطبّق القانون الثاني لنيوتن على الجسر في اتجاه محور y لأجد مقدار القوة $(\boldsymbol{F}_{\mathrm{B}})$؛ لأنه لا توجد قوى تؤثر في اتجاه محور x.

$$\sum F_y = ma_y = 0$$
$$F_{\mathrm{A}} + F_{\mathrm{B}} - (F_g + F_{g1}) = 0$$
$$F_{\mathrm{B}} = F_g + F_{g1} - F_{\mathrm{A}}$$
$$F_{\mathrm{B}} = 200 + 800 - 700 = 300\ \mathrm{N}$$

إجابات الوحدة 3: التيار الكهربائي المستمر.

أتأمل ص(73):

سعة بطارية السيارة وقدرة الشاحن.

تجربة استهلالية ص (75): استقصاء العلاقة بين الجهد والتيار في موصل فلزي

التحليل والاستنتاج:

1. ارسم أفضل خط مستقيم يمثل النقاط، وقد تنحرف بعض النقاط عن الخط المستقيم نتيجة بعض أخطاء القياس المتوقعة.
2. أحسب ميل الخط المستقيم أحصل قيمة ثابتة، ثم أحسب مقلوب هذه القيمة الذي يساوي مقدار مقاومة، وأكرر ذلك للمقاومات الثلاث.
3. يجب أن تكون المقاومة الفلزية ثابتة، ولكل مقاومة قيمة مختلفة عن الأخرى. وإذا ظهر في النتائج أي اختلاف في قيمة المقاومة الواحدة، فإن ذلك يكون ناتج عن أخطاء تجريبية.
4. عند استخدام مواد لا أومية فإن النسبة بين الجهد والتيار لن تبقى ثابتة عند تغيير قيم الجهد.

الوحدة 3/ الدرس الأول: المقاومة والقوة الدافعة الكهربائية.

أتحقق ص(78):

في الموصلات الأومية تكون العلاقة بين فرق الجهد والتيار خطًا مستقيمًا، بينما لا تكون خطًّا مستقيمًا في المواد اللا أومية.

التجربة 1 ص(79): استنتاج العوامل التي تعتمد عليها المقاومة الكهربائية لموصل

التحليل والاستنتاج:

1. أستنتج أن العلاقة بين طول الموصل ومقاومته طردية، فعند زيادة طول الموصل حسب القيم المحددة في خطوات التجربة، تزداد المقاومة بالنسب نفسها.

2. أستنتج أن العلاقة بين مساحة مقطع الموصل ومقاومته عكسية، فعند زيادة نصف القطر تزداد مساحة المقطع وتقل المقاومة.

3. عندما تتشابه الأسلاك في أبعادها الهندسية (الطول ومساحة المقطع)، فإن مقاوماتها تختلف باختلاف نوع مادتها.

4. تعتمد مقاومة الموصل على ثلاثة عوامل: الطول ومساحة المقطع ونوع المادة. فالمقاومة تتناسب طرديًا مع طول الموصل وعكسيًا مع مساحة مقطعه، وتختلف المقاومة باختلاف نوع المادة.

التفسير: زيادة الطول يزيد من طول مسار الشحنات ويزيد من عدد التصادمات، فتزداد المقاومة. زيادة مساحة المقطع تزيد من عدد الإلكترونات الحرة الناقلة للتيار فتقل المقاومة. أما اختلاف نوع المادة فيغير من عدد الإلكترونات الحرة الناقلة للتيار في وحدة الحجم من الموصل.

5. عند زيادة مقدار التيار المار في الموصل تزداد التصادمات فترتفع درجة حرارة الموصل، وهذا يزيد من سعة اهتزاز ذرات المادة فتزداد التصادمات مرة أخرى مما يزيد من مقدار المقاومة.

أتحقق ص(81):

المقاومة هي ممانعة الموصل لمرور التيار الكهربائي فيه، وتعتمد على نوع الموصل وأبعاده. بينما المقاومية هي ممانعة وحدة الحجوم من الموصل لمرور التيار الكهربائي فيه، وهي صفة نوعية للمادة تعتمد على نوعها فقط (عند درجة حرارة معينة).

أفكر ص(82):

المادة الكيميائية داخل البطارية تحتوي على أيونات موجبة، وهذه الأيونات لا تنتقل بين القطبين عند مرور التيار الكهربائي، في حين أن الإلكترونات الحرة تنتقل من القطب الموجب إلى القطب السالب (داخل البطارية) تحت تأثير القوة الدافعة الكهربائية للبطارية، والتي تولد مجالًا كهربائيًا يبذل شغلًا على الإلكترونات. هذا الشغل ناتج عن تحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية داخل البطارية.

أتحقق ص(82):

القوة الدافعة الكهربائية تولد مجالًا كهربائيًا تتجه خطوطه من القطب الموجب للبطارية عبر أسلاك الدارة إلى قطبها السالب، فيعمل هذا المجال على نقل الإلكترونات بعكس اتجاه خطوط المجال؛ أي من القطب السالب للبطارية إلى قطبها الموجب عبر أسلاك الدارة.

أفكر ص(83):

أ) عند توليد القوة الدافعة الكهربائية تتحول الطاقة من كيميائية إلى كهربائية.

ب) عند استهلاك جزء من الطاقة بسبب المقاومة الداخلية لها، تتحول الطاقة من كهربائية إلى حرارية.

تمرين ص(84):

$$\Delta V_\varepsilon = \varepsilon - Ir = 12 - (4)(0.5) = 10\ \text{V}$$

الوحدة 3/ مراجعة الدرس الأول ص(85):

1. **الفكرة الرئيسة:**

المقاومة مقياس لممانعة الموصل لسريان تيار كهربائي فيه.

تعتمد مقاومة الموصل على ثلاثة عوامل: الطول ومساحة المقطع والمقاومية؛ فالمقاومة تتناسب طرديًا مع طول الموصل وعكسيًا مع مساحة مقطعه، وتختلف المقاومة باختلاف نوع المادة.

تفسير هذه العوامل: زيادة الطول يزيد من طول مسار الشحنات ويزيد من عدد التصادمات، فتزداد المقاومة. زيادة مساحة المقطع تزيد من عدد الإلكترونات الحرة الناقلة للتيار فتقل المقاومة. أما اختلاف نوع المادة فيغير من عدد الإلكترونات الحرة الناقلة للتيار في وحدة الحجم من الموصل.

2. عندما يكون طول الموصل متر واحد ومساحة مقطعه تساوي متر مربع واحد، عندها تكون مقاومة الموصل مساوية للمقاومية الخاصة بمادته.

3. **أحسب**

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220}{0.8} = 275\ \Omega$$

4. بارتفاع درجة الحرارة تزداد سعة اهتزاز ذرات الموصل، فتزداد التصادمات بين الإلكترونات وهذه الذرات وتزداد مقاومة الموصل، نتيجة لذلك يقل التيار الكهربائي فيه، أما فرق الجهد بين طرفيه فلا يتغير لأنه يعتمد على جهد المصدر فقط.

5. أحلل:

أ) القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (من الشكل) تساوي 8 V

ب) المقاومة الداخلية للبطارية:

$$r = \frac{V_r}{I} = \frac{(8-6)}{1.6} = 1.25\ \Omega$$

ج) العنصر (A) يمثل مقاومة لأنه نتج عن وجوده هبوط في الجهد بمقدار (2 V)، ومقدار هذه المقاومة:

$$R_A = \frac{V_A}{I} = \frac{(6-4)}{1.6} = 1.25\ \Omega$$

د) العنصر (B) يمثل مقاومة أيضًا، لأنه نتج عن وجوده هبوط في الجهد بمقدار (4 V)، ومقدار هذه المقاومة:

$$R_A = \frac{V_A}{I} = \frac{4}{1.6} = 2.5\ \Omega$$

6. بسبب وجود مقاومة كهربائية للمواد الكيميائية داخل البطارية، تعرف بالمقاومة الداخلية، فإنه يحدث هبوط في فرق الجهد بين قطبي البطارية، أي أن فرق الجهد يكون أقل من القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (عندما يكون اتجاه التيار من القطب السالب الى الموجب داخل البطارية)، وكلما زاد مقدار التيار زاد هذا الهبوط في الجهد.

7. تتحرك الإلكترونات داخل البطارية من القطب الموجب إلى القطب السالب (عكس اتجاه التيار)، في حين أن الشحنات الموجبة (أيونات) لا تتحرك، لكن تم الاتفاق على أن الشحنات الموجبة تتحرك (افتراضيًا وليس حقيقة) من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل البطارية، مع اتجاه التيار الكهربائي.

8. سخان كهربائي:

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times 0.09 \times 10^{-6} = 2.83 \times 10^{-7}\ \text{m}^2$$

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{1.50 \times 10^{-6} \times 83}{2.83 \times 10^{-7}} = 440\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220}{440} = 0.5\ \text{A}$$

الوحدة 3/ الدرس الثاني: القدرة الكهربائية والدارة البسيطة.

أتحقق ص(87):

في الدارة المبينة في الشكل تتحرك الإلكترونات الحرة في الدارة بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة، وسريان للتيار الكهربائي باتجاه عقارب الساعة. أما الشحنة الافتراضية الموجبة فهي تتحرك في الدارة باتجاه التيار، أي مع اتجاه عقارب الساعة، وتكمل حركتها داخل البطارية من القطب السالب إلى الموجب (من a إلى b). وتحصل على الطاقة من الشغل الذي تبذله عليها القوة الدافعة للبطارية.

تمرين ص(89):

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(240)^2}{20} = 2880 \text{ W}$$

أتحقق ص(91):

بتطبيق قانون حفظ الطاقة على الدارة الكهربائية البسيطة، يكون مجموع الطاقة المنتجة في البطارية يساوي الطاقة المستهلكة في مقاومات الدارة، أي إن كمية الطاقة محفوظة.

الوحدة 3/ مراجعة الدرس الثاني ص(91):

1. القدرة الكهربائية: المعدل الزمني للشغل المبذول، وتقاس بوحدة الواط (watt).

الواط: قدرة جهاز كهربائي يستهلك طاقة كهربائية بمقدار (1 J) كل ثانية.

2. بما أن الموصلين متماثلين في أبعادهما، فإن نسبة مقاومتيهما ستكون بنفس نسبة المقاومية بينهما.
أي إن: $(R_A = 2R_B)$.

$$P_A = \frac{V^2}{R_A} = \frac{V^2}{2R_B} = \frac{1}{2}\left(\frac{V^2}{R_B}\right) = \frac{1}{2}P_B$$

3. **أستخدم المتغيرات:**

الطاقة التي تنتجها البطارية تساوي حاصل ضرب القدرة في الزمن:

$$E_\varepsilon = P_\varepsilon \Delta t = I\varepsilon\Delta t = 3 \times 36 \times 5 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 32400 \text{ J}$$

أ) الطاقة المستهلكة في كل مقاومة:

$$E_r = P_r \Delta t = I^2 r \Delta t = 9 \times 2 \times 5 \text{ min} \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 5400 \text{ J}$$

$$E_R = P_R \Delta t = I^2 R \Delta t = 9 \times 10 \times 5 \text{ min} \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 27000 \text{ J}$$

ب) تتحول الطاقة في البطارية من كيميائية إلى كهربائية، وفي المقاومات تتحول من كهربائية إلى حرارية.

4. الطاقة المنقولة خلال ظاهرة البرق:

$$E = P\Delta t = IV\Delta t$$

$$E = 3 \times 10^4 \times 1.5 \times 10^{10} \times 30 \times 10^{-6} = 1.35 \times 10^{10} \text{ J}$$

5. **أستخدم المتغيرات:** المدة الزمنية لعملية الشحن:

$$E = P\Delta t \rightarrow \Delta t = \frac{E}{P} = \frac{2.4\ \text{kWh}}{0.12\ \text{kW}} = 20\ \text{h}$$

أ) تيار الشحن:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{120}{12} = 10\ \text{A}$$

ب) من الممكن ذلك، لكن الأمر يستغرق مدة زمنية طويلة:

$$P = IV = 1 \times 12 = 12\ \text{W}$$

$$\Delta t = \frac{E}{P} = \frac{2.4\ \text{kWh}}{0.012\ \text{kW}} = 200\ \text{h}$$

الوحدة 3/ الدرس الثالث: توصيل المقاومات وقاعدتا كيرشوف

أتحقق ص(92):

المقاومة المكافئة تكون أكبر من أي من المقاومات، ومن خصائص هذا التوصيل تجزئة الجهد بين المقاومات، لكن عيبها أنه عند حدوث قطع في مقاومة يتوقف التيار في المقاومات جميعها.

أفكر ص(93):

لا تتغير إضاءة المصباح الثاني، لأن مقدار التيار الذي يسري فيه بوجود المصباح الأول وبعد فصله لا يتغير. لأنه عندما تتساوى المقاومتين، تكون المقاومة المكافئة لهما تساوي نصف إحداهما، يكون التيار الكلي في حالة مصباحين يساوي ضعفي التيار الكلي في حالة مصباح واحد.

تجربة 2 ص(96): استقصاء قاعدتي توصيل المقاومات / توالي توازي

1. ربما تظهر بعض الاختلافات بين القيمة المحسوبة والقيمة التجريبية بسبب وجود أخطاء القياس.
2. يكون التحقق العملي عن طريق الوصول بالتجربة والقياس إلى قيمة قريبة جدًا من القيمة المحسوبة.
3. في طريقة التوصيل على التوالي يكون فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة هو جزء من الجهد الكلي، ومجموع هذه الجهود الفرعية يساوي الجهد الكلي.

   في طريقة التوصيل على التوازي، يكون فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة يساوي الجهد الكلي.
4. في طريقة التوصيل على التوالي يكون التيار متساويًا في المقاومات جميعها ويساوي التيار الكلي.

   في طريقة التوصيل على التوازي، يكون لكل مقاومة تيار فرعي يتناسب مع قيمتها، ومجموع هذه التيارات الفرعية يساوي التيار الكلي.

أتحقق ص(97):

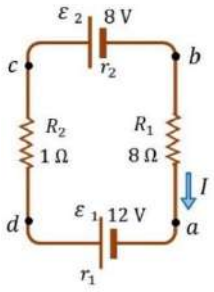
قاعدة كيرشوف الأولى هي تطبيق لمبدأ حفظ الشحنة، فالتيار هو المعدل الزمني لمرور الشحنة في موصل، وعند تطبيق قاعدة كيرشوف الأولى على نقطة تفرع لمدّة زمنية محددة؛ فإن كمية الشحنة التي تعبر نحو هذه النقطة تساوي كمية الشحنة التي تخرج منها.

أتحقق ص(98):

قاعدة كيرشوف الثانية تتضمن تطبيق مبدأ حفظ الطاقة خلال سريان التيار في عروة واحدة في الدارة الكهربائية، وتقتضي أن يكون مجموع الطاقة التي تنتجها البطاريات في العروة يساوي مجموع الطاقة التي تستهلكها المقاومات خلال زمن معين.

تمرين ص(99):

أفترض اتجاه التيار في الدارة (العروة) مع اتجاه عقارب الساعة، وأفترض اتجاه عبور مكونات الدارة بعكس اتجاه عقارب الساعة، مبتدئًا العبور من النقطة (a) عبر المسار: $a \to b \to c \to d \to a$



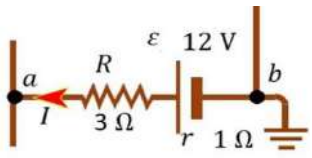
$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$+IR_1 + \varepsilon_2 + Ir_2 + IR_2 - \varepsilon_1 + Ir_1 = 0$$
$$\varepsilon_2 - \varepsilon_1 + I(R_1 + r_2 + R_2 + r_1) = 0$$
$$8 - 12 + I(8 + 0.5 + 1 + 0.5) = 0$$
$$-4 + I(10) = 0 \;\rightarrow\; I = \frac{4}{10} = 0.4\ \text{A}$$

أستنتج من الإشارة الموجبة أن اتجاه التيار بالاتجاه المفترض؛ أي إن التيار يسري في الدارة مع اتجاه عقارب الساعة. وهو تماما ما تم استنتاجه في حل المثال عندما افترضت اتجاها مختلفا للتيار. وأستنتج أنني أتوصل إلى اتجاه التيار الحقيقي بغض النظر عن الاتجاه الابتدائي الذي افترضه لسريان التيار.

تمرين ص(101):

أبدأ الحركة من النقطة (a) نحو النقطة (b).

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$



$$\Sigma \Delta V = V_b - V_a = 0 - V_a = -V_a$$
$$IR - \varepsilon + Ir = -V_a$$
$$2 \times 3 - 12 + 2 \times 1 = -V_a$$
$$V_a = 4\ \text{V}$$

الوحدة 3/ مراجعة الدرس الثالث ص(102):

1. **الفكرة الرئيسة:**

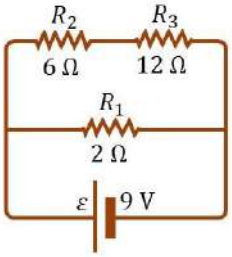
أ) تنص قاعدة كيرشوف الأولى أن المجموع الجبري للتيارات عند أي نقطة تفرع في دارة كهربائية يساوي صفرًا (تحقق مبدأ حفظ الشحنة). وتنص قاعدة كيرشوف الثانية أن المجموع الجبري لتغيرات الجهد عبر مكونات مسار مغلق في دارة كهربائية يساوي صفرًا (تحقق مبدأ حفظ الطاقة).

ب) المقارنة:

	التوالي	التوازي
المقاومة	المقاومة الكلية تساوي مجموع المقاومات.	مقلوب المقاومة الكلية يساوي مجموع مقلوب المقاومات.
الجهد	الجهد الكلي يساوي مجموع الجهود الفرعية.	الجهد الكلي يساوي الجهد الفرعي لكل مقاومة.
التيار	التيار الكلي يساوي التيار الفرعي في كل مقاومة.	التيار الكلي يساوي مجموع التيارات الفرعية.

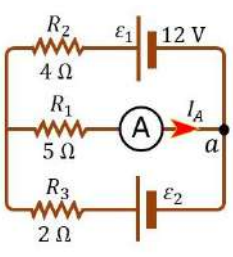
2. يوصل المصباحان الأماميان في السيارة مع البطارية على التوازي، فيحصل كل مصباح على جهد (12 V) مساوي لجهد البطارية، وعند حدوث تلف في أحدهما يبقى المصباح الآخر يعمل.

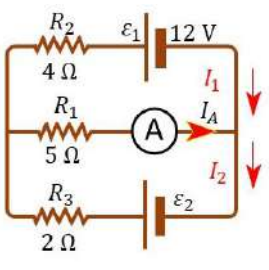
3. **أستخدم المتغيرات:**



$$R_{23} = R_2 + R_3 = 6 + 12 = 18\ \Omega$$
$$\frac{1}{R_{231}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{18} = \frac{10}{18}$$
$$R_{eq} = 1.8\ \Omega$$
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{9}{1.8} = 5\ \text{A}$$

أفترض أن التيار (I_1) يسري في العروة العليا باتجاه عقارب الساعة وأتحرك من نقطة التفرع (a) المجاورة للاميتر بعكس اتجاه عقارب الساعة.





$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a \;\rightarrow\; \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$\Sigma\,\Delta V = \varepsilon_1 + I_1 R_2 - I_A R_1 = 0$$
$$12 + I_1(4) - 2(5) = 0$$
$$I_1 = -0.5\ \text{A}$$

الإشارة السالبة تعني أن اتجاه التيار عكس المفترض؛ أي عكس عقارب الساعة.

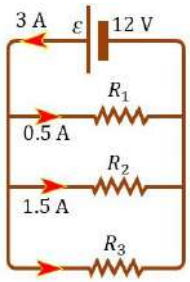
$$I_2 = I_A + I_1 = 2 + (-0.5) = 1.5\ \text{A}$$

ب) أفترض أن التيار (I_2) في العروة السفلى خارج من نقطة التفرع (a)، أي مع اتجاه عقارب الساعة، وسوف أفترض الحركة مع عقارب الساعة.

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a \;\rightarrow\; \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$\Sigma\,\Delta V = \varepsilon_2 - I_2 R_3 - I_A R_1 = 0$$
$$\varepsilon_2 - 1.5(2) - 2(5) = 0$$
$$\varepsilon_2 = 13\ \text{V}$$

5. ينتقل التيار خلال المقاومة من منطقة الجهد المرتفع إلى منطقة الجهد المنخفض، وعند عبورنا المقاومة باتجاه التيار فيها فنحن ننتقل مثل التيار من الجهد المرتفع إلى الجهد المنخفض، أي إن التغير في الجهد الذي نواجهه في أثناء ذلك يكون هبوطًا في الجهد (تغيرًا سالبًا).

6. معتمدًا على



أ) التيار (I_2) الذي يسري في المقاومة (R_3):

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \;\rightarrow\; I_3 = I - (I_1 + I_2) = 3 - 2 = 1\ \text{A}$$

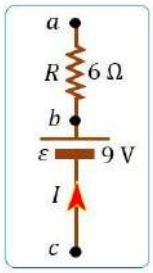
ب) فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة يساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية (12 V).

$$R_1 = \frac{V}{I_1} = \frac{12}{0.5} = 24\ \Omega,\quad R_2 = \frac{12}{1.5} = 8\ \Omega,\quad R_3 = \frac{12}{1} = 12\ \Omega$$

ج) المقاومة المكافئة (توازي):

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{24} + \frac{1}{8} + \frac{1}{12} = \frac{1+3+2}{24}$$
$$R_{eq} = 4\ \Omega$$

7. يبين الشكل..



$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$

$$V_a + IR = V_b \;\rightarrow\; I(6) = V_b - V_a = 15\ \text{V}$$

$$I = \frac{15}{6} = 2.5\ \text{A}$$

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_c \;\rightarrow\; \Sigma\,\Delta V = V_c - V_a = 7\ \text{V}$$

$$IR + Ir - \varepsilon = 7$$

$$2.5(6) + 2.5(r) - 9 = 7$$

$$r = \frac{1}{2.5} = 0.4\ \Omega$$

إجابات مراجعة الوحدة 3 ص(104)

السؤال الأول:

1. (د): تعتمد على نوع المادة وليس على أبعاد الموصل الهندسية.
2. (أ): (V_b) أعلى من (V_a)، وبزيادته يزداد التيار (I).
3. (ب): $2\ \Omega$
4. (ج): $2\ \Omega$
5. (أ): $3.2\ \text{V}$

السؤال الثاني:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220}{4} = 55\ \Omega$$

$$R = \frac{\rho L}{A} \;\rightarrow\; L = \frac{RA}{\rho} = \frac{55(3.14 \times 0.64 \times 10^{-6})}{1.50 \times 10^{-6}} = 73.7\ \text{m}$$

السؤال الثالث: قدرة المصباح

$$P = IV = 1.8 \times 12 = 21.6\ \text{W}$$

السؤال الرابع:

أ): المنشار الكهربائي:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1500}{220} = 6.82\ \text{A}$$

ب) السخان الكهربائي:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{240}{48} = 5\ \text{A}$$

السؤال الخامس:

دارة التوالي:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 = 3 + 6 = 9\ \Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{12}{9} = 1.33\ \text{A}$$

دارة التوازي:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6}$$

$$R_{eq} = 2\ \Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{12}{2} = 6\ \text{A}$$

السؤال السادس:

أ): التيار الكهربائي:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{240}{30} = 8\ \text{A}$$

ب): القدرة الكهربائية:

$$P = IV = 8 \times 240 = 1920\ \text{W}$$

ج): الطاقة الكهربائية:

$$E = P\Delta t = 1920 \times 48 \times 60 = 5529600\ \text{J}$$

د): عند استخدام جهد $(120\ \text{V})$:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120}{30} = 4\ \text{A}, P = IV = 4 \times 120 = 480\ \text{W}$$

$$E = P\Delta t = 480 \times 48 \times 60 = 1382400\ \text{J}$$

السؤال السابع:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 20 + 30 + 40 = 90\ \Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{36}{90} = 0.4\ \text{A}$$

$$V_1 = IR_1 = 0.4 \times 20 = 8\ \text{V},\ V_2 = IR_2 = 0.4 \times 30 = 12\ \text{V}$$

$$V_3 = IR_3 = 0.4 \times 40 = 16\ \text{V}$$

السؤال الثامن:

أ): كمية الشحنة:

$$Q = I\Delta t = 125 \times 30 \times 60 = 225000\ \text{C}$$

ب): فرق الجهد:

$$V = \frac{P}{I} = \frac{62500}{125} = 500\ \text{V}$$

ج): الشغل الكهربائي:

$$W = QV = 225000 \times 500 = 1.125 \times 10^8\ \text{J}$$

د): تكلفة الشحن، إذا كان سعر (1 kWh) هو (0.12 JD).

$$cost = E \times Price = P\Delta t \times Price$$

$$cost = 62.5\ \text{kW} \times 0.5\ \text{h} \times 0.12\ \text{JD/kWh} = 3.75\ \text{JD}$$

السؤال التاسع:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1000}{240} = 4.17\ \text{A}$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{240}{4.17} = 57.6\ \Omega$$

$$R = \frac{\rho L}{A} \rightarrow \frac{L}{A} = \frac{R}{\rho} = \frac{57.6}{1.50 \times 10^{-6}} = 3.84 \times 10^7$$

للحصول على مدفأة بهذه القدرة، وعنصر مقاومتها سلك من النيكروم حيث مقاومية النيكروم محددة، يجب أن تكون نسبة طول السلك إلى مساحة مقطعه تساوي (3.84×10^7)، فمثلًا إذا توفّر لديّ سلك نيكروم مساحة مقطعه $(4 \times 10^{-6}\ \text{m}^2)$، فإن طوله يجب أن يساوي:

$$L = 3.84 \times 10^7 \times 4 \times 10^{-6} = 9.6\ \text{m}$$

السؤال العاشر:

التوصيل على التوالي:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 3R\ \Omega$$

$$P_{series} = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{144}{3R} = \frac{48}{R}\ \text{W}$$

التوصيل على التوازي:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2} = \frac{3}{R} \rightarrow R_{eq} = \frac{1}{3}R\ \Omega$$

$$P_{parallel} = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{3}{1} \times \frac{144}{R} = \frac{432}{R} \text{ W}$$

النسبة بين القدرتين: $P_{series}/P_{parallel} = 48/432 = 0.11$

السؤال الحادي عشر:

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{5.6 \times 10^{-8} \times 1.5}{4 \times 10^{-6}} = 0.021\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.5}{0.021} = 71.4\ \text{A}$$

السؤال الثاني عشر:

أ) التيار المار في المقاومة (R_3). أفترض التيارات كما في الشكل، وأطبق القاعدة الأولى:

$$I_2 = I_3 + I_1 \ \rightarrow\ 2 = I_3 + I_1$$

أتحرك في العروة العليا باتجاه عقارب الساعة مبتدئًا من النقطة (a)، وأطبق القاعدة الثانية:

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$

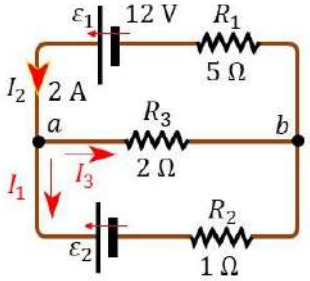
$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$

$$-\varepsilon_1 + I_2 R_1 + I_3 R_3 = 0$$

$$-12 + (2 \times 5) + I_3(2) = 0$$

$$2\,I_3 = 12 - 10 = 2$$

$$I_3 = 1\ \text{A}$$



ب) لإيجاد القوة الدافعة الكهربائية (ε_2):

$$2 = I_3 + I_1 \ \rightarrow I_1 = 2 - I_3 = 2 - 1 = 1\ \text{A}$$

أتحرك في العروة السفلى من النقطة (a) باتجاه عقارب الساعة:

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$

$$-I_3 R_3 + I_1 R_2 + \varepsilon_2 = 0$$

$$-(1 \times 2) + (1 \times 1) + \varepsilon_2 = 0 \ \rightarrow\ \varepsilon_2 = 1\ \text{V}$$

السؤال الثالث عشر:

$$P = I^2 r \ \rightarrow I^2 = \frac{P}{r} = \frac{2.7}{2.5} = 1.08 \ \rightarrow I = 1.04\ \text{A}$$

$$R_{eq} = \frac{\varepsilon}{I} = \frac{9}{1.04} = 8.65\ \Omega$$

$$R = R_{eq} - r = 8.65 - 2.5 = 6.15\ \Omega$$

السؤال الرابع عشر:

أ) معتمدًا على قراءة الفولتميتر بين النقطتين (b, c)، وهي: $V_b - V_c = 4\ \text{V}$

سأفترض اتجاه التيارات كما في الشكل، وأتحرك خلال البطارية من (c) إلى (b):

$$V_c + \Delta V = V_b \ \rightarrow \ \Delta V = V_b - V_c = 4$$

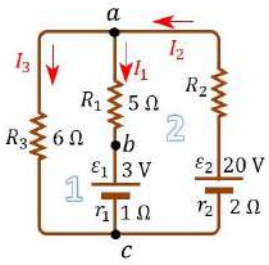
$$\mathcal{E}_1 + I_1 r_1 = 4 \ \rightarrow 3 + I_1(1) = 4$$

$$I_1 = 4 - 3 = 1\ \text{A}$$

الإشارة الموجبة تعني أن التيار يمر في البطارية بالاتجاه المفترض.

$$I_2 = I_1 + I_3 \ \rightarrow I_2 = 1 + I_3$$

العروة الأولى رقم (1)، سأتحرك من النقطة (a) باتجاه عقارب الساعة:



$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_a$$

$$\Sigma\, \Delta V = V_a - V_a = 0$$

$$-I_1 R_1 - \mathcal{E}_1 - I_1 r_1 + I_3 R_3 = 0$$

$$-(1 \times 5) - 3 - (1 \times 1) + I_3(6) = 0$$

$$I_3 = \frac{9}{6} = 1.5\ \text{A}$$

$$I_2 = I_1 + I_3 = 1 + 1.5 = 2.5\ \text{A}$$

ب) لإيجاد المقاومة المجهولة، أطبق القاعدة الثانية على العروة الثانية متحركًا باتجاه عقارب الساعة، مبتدئًا من النقطة (a):

$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_a$$

$$\Sigma\, \Delta V = V_a - V_a = 0$$

$$I_2 R_2 - \mathcal{E}_2 + I_2 r_2 + \mathcal{E}_1 + I_1 r_1 + I_1 R_1 = 0$$

$$2.5(R_2) - 20 + (2.5 \times 2) + 3 + (1 \times 1) + (1 \times 5) = 0$$

$$R_2 = \frac{6}{2.5} = 2.4\ \Omega$$

السؤال الخامس عشر:

$$P_1 = 3\, P_2, V_1 = V_2 = V$$

$$I_1 = \frac{P_1}{V}\ , I_2 = \frac{P_2}{V}$$

$$I_1 = \frac{3\, P_2}{V} = 3\, I_2$$

$$R_1 = \frac{V}{I_1}\ , R_2 = \frac{V}{I_2}$$

$$R_1 = \frac{V}{3\,I_2} = \frac{1}{3}R_2$$

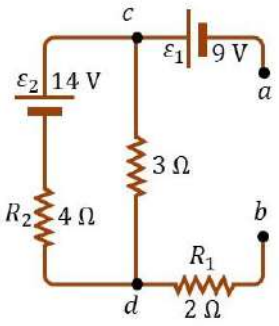
السؤال السادس عشر:

عند انعدام التيار في (R_3)، فهذا يعني أن فرق الجهد بين النقطتين (c) و(d) يساوي صفر، لذلك:

$$V_c + \Sigma\,\Delta V = V_d \;\rightarrow\; V_d - V_c = -\varepsilon_2 + IR_2$$

$$-14 + I(4) = 0$$

$$I = \frac{14}{4} = 3.5\ \text{A}$$



نتعامل مع الدارة وكأنه لا توجد نقاط تفرع، أي أن تيار واحد يسري بين النقطتين (a) و (b). أتحرك من النقطة (a):

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$

$$V_b - V_a = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + IR_2 + IR_1$$

$$V_b - V_a = 9 - 14 + (3.5 \times 4) + (3.5 \times 2) = 16\ \text{V}$$

أي أنّ جهد النقطة (b) أعلى من جهد النقطة (a).

السؤال السابع عشر:

$$cost = E \times Price = P\Delta t \times Price$$

$$cost = 2.8\ \text{kW} \times 90\ \text{h} \times 0.15\ \text{JD/kWh} = 37.80\ \text{JD}$$

إجابات أسئلة التفكير:

1. ظاهرة البرق:

أ) كمية الشحنة الكهربائية الكلية التي تنتقل بين السحابتين:

$$Q = \frac{W}{V} = \frac{10^9}{5 \times 10^7} = 20\ \text{C}$$

ب) التيار الكهربائي الذي يسري في الهواء:

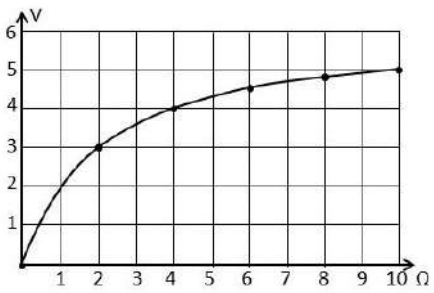
$$I = \frac{Q}{t} = \frac{20}{0.2} = 100\ \text{A}$$

ج) القدرة الكهربائية:

$$P = VI = 5 \times 10^7 \times 100 = 5 \times 10^9\ \text{W}$$

2. استقصاء المقاومة الداخلية:

أ. تمثيل النتائج بيانيًا:



ب. المقاومة الداخلية للبطارية: من النقطة (4, 4):

$$V_R = IR \rightarrow I = \frac{V_R}{R} = \frac{4}{4} = 1\ \text{A}$$
$$V_\mathcal{E} = \mathcal{E} - Ir$$
$$4 = \mathcal{E} - r \rightarrow \mathcal{E} = 4 + r$$

من النقطة (2, 3):

$$V_R = IR \rightarrow I = \frac{V_R}{R} = \frac{3}{2} = 1.5\ \text{A}$$
$$V_\mathcal{E} = \mathcal{E} - Ir$$
$$3 = \mathcal{E} - 1.5\,r \rightarrow \mathcal{E} = 3 + 1.5\,r$$

بمساواة المعادلتين:

$$4 + r = 3 + 1.5\,r \rightarrow r = \frac{1}{0.5} = 2\ \Omega$$

ج. القوة الدافعة الكهربائية:

$$\mathcal{E} = 3 + 1.5\,r = 3 + 3 = 6\ \text{V}$$

3. خصائص الموصل

نستنتج أن مقاومة الموصل ليست ثابتة بل تتغير عند تغيّر فرق الجهد بين طرفيه مع ثبات درجة حرارته، ما يعني أن الموصل لا يطيع قانون أوم.

إجابات الوحدة 4: المجال المغناطيسي

أتأمل ص(107): كيف يجري تسريع الجُسيمات المشحونة وإكسابُها طاقةً حركيةً كبيرة؟ وكيف يجري التحكُّم في مسارها؟

يجري تسريع الجسيمات باستخدام مجال كهربائي يؤثر فيها بقوة كهربائية باتجاه حركة الجسيمات، ويجري التحكم في مسارها باستخدام مجالات مغناطيسية تؤثر في الجسيمات بقوة باتجاه يتعامد مع اتجاه الحركة.

تجربة استهلالية ص(109): استقصاء تأثير المجال المغناطيسي في شحنة كهربائية متحركة فيه.

1. تنتقل الأشعة المهبطية من القطب السالب في الأنبوب إلى القطب الموجب، وهي غير مرئية لكن تصادمها مع ذرات الغاز داخل الأنبوب يُهيّج الذرات فتصدر عنها أشعة مرئية.

2. عند زيادة ضغط الغاز داخل الأنبوب، نعني زيادة عدد ذرات الغاز مما يزيد من حالات تصادم الأشعة المهبطية مع الذرات وفقدانها للطاقة، ولا يمكنها الوصول إلى القطب الموجب، لذلك يجب تخفيض الضغط داخل الأنبوب.
3. عند تقريب مغناطيس من مسار أشعة المهبط تنحرف عن مسارها، لأنها جسيمات مشحونة (إلكترونات) فتتأثر بقوة تتعامد مع اتجاه حركتها ومع اتجاه المجال المغناطيسي، وعند تغيير القطب الآخر، تنعكس خطوط المجال، فينعكس اتجاه القوة المغناطيسية، ويتحول انحراف الأشعة نحو الجهة الأخرى.
4. أحدد اتجاه المجال المغناطيسي معتمدًا على نوع القطب المغناطيسي الذي جرى تقريبه من الأنبوب، واتجاه الأشعة المهبطية يكون من القطب السالب (المهبط) إلى القطب الموجب (المصعد). واستخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية.

الوحدة 4/ الدرس الأول: القوة المغناطيسية

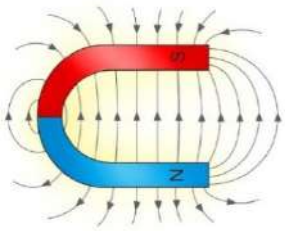
أتحقّقُ ص(110):

القوة المغناطيسية قوة تأثير عن بُعد، حيث يؤثر المجال المغناطيسي في الجسيمات المشحونة وفي المغانط الأخرى دون أن يحدث تلامس بينها.

أتحقّقُ ص(111):

- خطوطٌ وهميّةٌ مُقفَلةٌ تخرجُ من القطب الشماليّ وتدخل القطب الجنوبيّ، تكملُ مسارها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي إلى الشماليّ.
- اتّجاه المجال المغناطيسيّ عند أيّ نقطةٍ على خطّ المجال يكون على امتداد المَماس للخطّ عند تلك النقطة.
- لا تتقاطع لأنّ للمجال المغناطيسيّ اتّجاهٌ واحدٌ عند كلّ نقطة، يُحدّد باتّجاه المَماس لخطّ المجال.
- يُعبّر عن مقدار المجال المغناطيسيّ بعدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة عموديًّا عليها.

تمرين ص(5): أرسم خطوط المجال المغناطيس لمغناطيس على شكل حرف (U). المبين بالرسم.



أفكر ص (113):

بتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الجسيم، بوضع الإبهام باتجاه الحركة نحو الشرق، والأصابع الأخرى باتجاه المجال المغناطيسي نحو الشمال، فإن ذلك يتطلب وضع باطن الكف نحو الأعلى، وتكون القوة خارجة من باطن الكف نحو الأعلى $(+z)$.

أتحقق ص(114):

تُعطى القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم بالعلاقة: $F_B = qvB \sin\theta$، وحيث أن $(\sin 0 = 0)$، فإن القوة تساوي صفرًا، لا يتأثر الجسيم بقوة لأن الزاوية بين اتجاه المجال واتجاه الحركة تساوي صفرًا.

أفكر ص(115):

القوة المغناطيسية تؤثر في الجسيم المشحون المتحرك داخل المجال المغناطيسي باتجاه يكون دائمًا عمودي على اتجاه الحركة، فتكون الزاوية بين الإزاحة والقوة (90°) والشغل يساوي صفرًا، بينما عند تأثير القوة الكهربائية في الجسيم المشحون تكون الزاوية بين القوة والإزاحة صفرًا أو (180°)، أو أي زاوية أخرى، وبذلك يوجد شغل موجب أو سالب، ويكون هذا الشغل صفرًا في حال كانت الزاوية (90°).

أتحقق ص(115):

الشحنة النوعية هي ناتج قسمة الشحنة على الكتلة، وحيث أن كتلة البروتون تختلف عن كتلة الإلكترون فإن الشحنة النوعية لهما مختلفة، على الرغم من أن القيم المطلقة لشحنتيهما متساوية.

أفكر ص(117):

لماذا تجري زيادة المجال المغناطيسي في السينكروترون كلما زاد الزخم الخطي للجسيمات المتسارعة فيه.

بزيادة الزخم الخطي للجسيم المشحون تزداد سرعته، وهذا يتطلب قوة مركزية أكبر لإبقاء الجسيم محافظًا على حركته الدائرية من دون زيادة في نصف القطر، لذلك يجب زيادة المجال المغناطيسي.

أتحقق ص(117):

يستخدم مطياف الكتلة لقياس كتل الجُسيمات الذريّة لتحديد مكوّنات عيّنةٍ مجهولة، والسنكروترون يستخدم لتسريع الجُسيمات المشحونة مثل الإلكترون، والبروتون، والأيونات إلى سرعاتٍ عالية؛ لاستخدامها في الأبحاث العلمية.

وظيفة المجال المغناطيسي في مطياف الكتلة تحريك الجسيمات المشحونة حركة دائرية، وفي السينكروترون للمجال المغناطيسي وظيفتان؛ تغيير مسار الجسيمات لإبقائها في مسار حلقي (قد يكون دائري)، ثم تسريع الالكترونات عن طريق تغيير اتجاه سرعتها الأمر الذي يؤدي الى انتاج موجات كهرومغناطيسية.

أتحقّقُ ص(119):

عندما يسري فيه تيار كهربائي ويكون متجه طول الموصل غير موازٍ لاتجاه خطوط المجال، أو عندما يتحرك الشريط نفسه بسرعة باتجاه لا يوازي خطوط المجال.

تجربة 1 ص(120): استقصاء القوّة المغناطيسيّة المُؤثّرة في موصلٍ يحمل تيّارًا كهربائيًّا.

1. معتمدًا على زيادة قراءة الميزان، أستنتج أن زيادة الوزن ناتجة عن تأثر المغانط بقوة رد فعل نحو الأسفل من السلك، في حين يتأثر السلك بقوة مغناطيسية (فعل) نحو الأعلى من المغانط.
2. بتطبيق قاعدة اليد اليمنى أستنتج أن القوة المؤثرة في السلك يكون نحو الأعلى، وهذا يتفق مع الاستنتاج السابق من ملاحظة قراءة الميزان.
3. يجب أن يكون منحنى العلاقة خطًا مستقيمًا ميله موجب، لأنه يمثل علاقة خطية طردية.
4. العلاقة بين التيار والقوة المغناطيسية طردية، والميل يساوي حاصل ضرب طول الموصل في المجال المغناطيسي.

$$F_B = IBL \rightarrow \frac{F_B}{I} = BL$$

أتحقق ص(121):

هو مُتّجه؛ مقدارهُ يساوي طول الموصل واتّجاهه باتّجاه التيار الكهربائيّ الذي يمرّ في الموصل.

أتحقّقُ ص(123):

في الشكل (أ) لا يوجد عزم دوران الزاوية بين $\boldsymbol{B}$ و $\boldsymbol{\mu}$ تساوي. (ب) يكون العزم قليلًا، لأن الزاوية $\boldsymbol{B}$ و $\boldsymbol{\mu}$ صغيرة (الزاوية بين متجه العزم المغناطيسي للحلقة واتجاه المجال)، ويكون مع اتجاه عقارب الساعة، أما في الشكل (ج) فالعزم كبير لأن الزاوية قريبة من القائمة، واتجاه العزم عكس اتجاه عقارب الساعة.

الوحدة 4/ مراجعة الدرس الأول ص(126)

1. المجال المغناطيسي: القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة لكل وحدة سرعة عندما تتحرك بسرعة (1 m/s) باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي، لحظة مرورها في تلك النقطة. ويقاس بوحدة تسلا (T)، وفق النظام الدولي للوحدات.

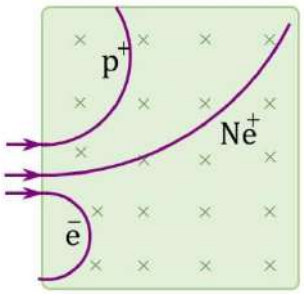
خصائص خطوط المجال المغناطيسي:

- خطوطٌ وهميّةٌ مُقفَلةٌ تخرجُ من القطب الشماليّ وتدخل القطب الجنوبيّ، تكملُ مسارها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي إلى الشماليّ.
- اتّجاه المجال المغناطيسيّ عند أيّ نقطةٍ على خطّ المجال يكون على امتداد المَماس للخطّ عند تلك النقطة.
- لا تتقاطع لأنّ للمجال المغناطيسيّ اتّجاهٌ واحدٌ عند كلِّ نقطة، يُحدّد باتّجاه المَماس لخطّ المجال.
- يُعبّر عن مقدار المجال المغناطيسيّ بعدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة عموديًّا عليها.

2. بتطبيق قاعدة اليد اليمنى لمعرفة اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الإلكترون، مع مراعاة أن شحنته سالبة، يكون اتجاه القوة نحو الأسفل، باتجاه محور $(-y)$. وكلما تغيّر اتجاه سرعة الإلكترون يتغير اتجاه القوة المغناطيسية، لأنها تؤثر باستمرار باتجاه يتعامد مع اتجاهي السرعة والمجال.

3. معتمدًا على العلاقة: $F_B = qvB\sin\theta$، أجد أن القوة المغناطيسية تتناسب طرديًا مع مقدار كل من: الشحنة الكهربائية، سرعتها والمجال المغناطيسي وجيب الزاوية بين اتجاهي السرعة والمجال.

4. الجسيمات الثلاثة متساوية في الشحنة والسرعة، لذلك تتأثر بقوى متساوية، الإلكترون سالب الشحنة فينحرف (حسب اتجاه السرعة والمجال المبين بالرسم) مع اتجاه عقارب الساعة. أما البروتون وأيون الصوديوم فإن شحنتيهما موجبتان، وينحرفان عكس اتجاه عقارب الساعة. وحيث أن أيون الصوديوم أكبرها كتلة فيكون لمساره أكبر نصف قطر، كما في الشكل.



5. أجيب عن السؤالين...

- لا يمكن للإلكترون أو أي جسيم مشحون آخر أن يبدأ حركته من السكون بتأثير مجال مغناطيسي، لأن المجال لا يؤثر بقوة في الشحنات الساكنة.
- لا ينحرف النيوترون عندما يتحرك داخل مجال مغناطيسي عموديّ عليه، لأنه غير مشحون، والقوة المغناطيسية تؤثر في الأجسام المشحونة.

6. **أحسب:**

$$F_B = qvB\sin\theta \;\rightarrow\; \sin\theta = \frac{F_B}{qvB}$$

$$\sin\theta = \frac{8.2\times10^{-13}\ \text{N}}{1.6\times10^{-19}\times4\times10^{6}\times1.7} = 0.75$$

$$\theta = \sin^{-1}(0.75) = 48.6\,^\circ$$

7. معتمدًا على العلاقة: $\tau = IAB \sin\theta$، أجد أن عزم الدوران يتناسب طرديًا مع كل من التيار الكهربائي ومساحة الملف ومقدار المجال المغناطيسي (علمًا أن جيب الزاوية بين متجه مساحة الملف ومتجه المجال المغناطيسي يتغير خلال الدورة الواحدة)، وهذه العوامل تؤثر في سرعة دوران المحرك الكهربائي، لأن سرعة دورانه تحدث بتأثير عزم الدوران.

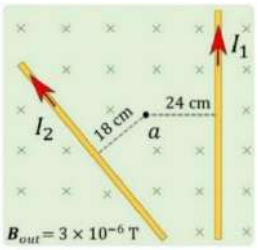
الوحدة 4/ الدرس الثاني: المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي.

أتحقق ص(128):

تشكل خطوط المجال المغناطيسي حلقات مغلقة حول الموصل، تتباعد عن بعضها كلما ابتعدنا عن الموصل، ويمكن تحديد اتجاه المجال عند أي نقطة فيه برسم مماس لخط المجال عند تلك النقطة.

تمرين ص(130):

تؤثر عند النقطة (a) ثلاثة مجالات، من الموصل الأول ومن الموصل الثاني، والمجال الخارجي.



$$B_1 = \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 6}{2\pi \times 0.24} = 5 \times 10^{-6}\ \text{T}$$

$$B_2 = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 6}{2\pi \times 0.18} = 6.7 \times 10^{-6}\ \text{T}$$

$$B_3 = 3 \times 10^{-6}\ \text{T}$$

حيث أن المجال (B_1) خارجًا من الصفحة باتجاه $(+z)$، والمجال (B_2) داخلًا في الصفحة باتجاه $(-z)$، المجال (B_3) داخلًا في الصفحة باتجاه $(-z)$، فإن المحصلة:

$$B = B_1 - B_2 - B_3 = 5 \times 10^{-6} - 6.7 \times 10^{-6} - 3 \times 10^{-6} = -4.7 \times 10^{-6}\ \text{T}$$

اتجاه المجال المحصل عند هذه النقطة باتجاه $(-z)$ أي داخلًا في الصفحة.

أتحقق ص(132):

عندما تكون حلقات الملف اللولبي متراصة، وطوله أكبر بكثير من قطره، فإن المجال المغناطيسي داخله وبعيدًا عن طرفيه يكون منتظمًا.

أُفكّر ص(133):

معتمدًا على العلاقة الرياضية لمجال الملف اللولبي:

$$B = \frac{\mu_\circ IN}{l}$$

فإنّ مضاعفة عدد اللفات (N) يضاعف المجال المغناطيسي، ومضاعفة طول الملف (l) يقلل المجال المغناطيسي إلى النصف، مضاعفة عدد اللفات وطول الملف معًا يبقى المجال المغناطيسي ثابتًا.

تمرين ص(133):

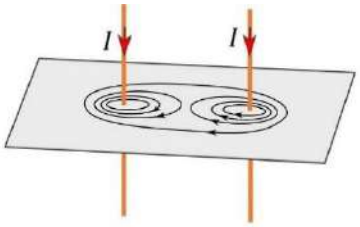
$$B = \frac{\mu_\circ IN}{l}$$

$$N = \frac{Bl}{\mu_\circ I} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 3\pi \times 10^{-2}}{4\pi \times 10^{-7} \times 1.5} = 100$$

تجربة 2 ص(134): استقصاء القوة المغناطيسية التي يؤثر بها موصل مستقيم يحمل تيارًا في موصل آخر مواز له ويحمل تيارًا كهربائيًا.

1. عند توصيل النقطتين (a) و (b) معًا مع القطب الموجب، وتوصيل النقطتين (c) و (d) معًا مع القطب السالب، يسري تياران في شريطي الألمنيوم من الأسفل إلى الأعلى، أي باتجاه واحد.
عند توصيل النقطتين (c) و (d) معًا. ثم توصيل النقطة (a) مع القطب الموجب، وتوصيل النقطة (b) مع القطب السالب، يسري تياران متعاكسان في شريطي الألمنيوم.
2. في الحالة الأولى (تياران بنفس الاتجاه) تجاذب شريطا الألمنيوم. وفي الحالة الثانية (تياران متعاكسان) تنافر شريطا الألمنيوم.
3. يجب أن تتطبق النتيجة العملية مع الاستنتاج النظري لاتجاه القوى المغناطيسية.
4. عندما يكون التياران بنفس الاتجاه يتجاذب الشريطان، وعندما يكون اتجاها التيارين فيهما متعاكسين يتنافر الشريطان. وبمعرفة مقدار التيار والعوامل الأخرى يمكن حساب مقدار القوة المغناطيسية.

أفكر ص(137)



الوحدة 4/ إجا (138

1. **الفكرة الرئيسة:**

$$dB = \frac{\mu_\circ}{4\pi} \frac{IdL \sin\theta}{d^2}$$

يعتمد مقدار المجال المغناطيسي عند نقطة بالقرب من موصل يحمل تيارًا كهربائيًا على: النفاذية المغناطيسية للوسط، مقدار التيار، طول المقطع المؤثر من الموصل، جيب الزاوية بين متجه طول المقطع ومتجه بعد النقطة، مربع المسافة بين النقطة والمقطع.

2. ينشأ في الحيز المحيط بإلكترون متحرك مجالان كهربائي ومغناطيسي.
3. عندما ينعدم المجال المحصل بين السلكين، يكون المجالان متساويان مقدارًا ومتعاكسان اتجاهًا.

$$B_1 = B_2$$

$$\frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r_1} = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r_2} \rightarrow \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r_1} = \frac{3\,\mu_\circ I_1}{2\pi r_2} \rightarrow \frac{1}{r_1} = \frac{3}{r_2}$$

$$r_2 = 3r_1\,, \qquad r_2 + r_1 = 30\ \text{cm}$$

$$r_1 = 7.5\ \text{cm}, r_2 = 22.5\ \text{cm}$$

4. **أقارن:**

$$B = \frac{\mu_\circ IN}{2R}, \qquad B = \frac{\mu_\circ IN}{l}$$

اعتمادًا على العلاقتين الخاصتين بالملف الدائري والملف اللولبي، فإن العوامل التي يعتمد عليها المجال المغناطيسي في مركز الملف الدائري، هي: النفاذية المغناطيسية للوسط، التيار، عدد اللفات، نصف قطر الملف. والعوامل في الملف اللولبي، هي: النفاذية المغناطيسية للوسط، التيار، عدد اللفات، طول الملف.

5. **أحسب:**

$$B = \frac{\mu_\circ IN}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.4 \times 100}{2 \times 0.08} = 3.14 \times 10^{-4}\ \text{T}$$

7. **أحسب:**

$$B = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 50}{2\pi \times 2.5} = 4 \times 10^{-6}\ \text{T}$$

إجابات مراجعة الوحدة 4 ص(140)

السؤال الأول (أضع دائرة):

1. ب) بزيادة السرعة وزيادة الشحنة.
2. أ) خطوط متوازية والمسافات بينها متساوية.
3. د) باتجاه محور $(-z)$، بعيداً عن الناظر.

4. د) نسبة شحنة الجسيم إلى كتلته.

5. ب) بزيادة الكتلة ونقص المجال.

6. د) عند (P) باتجاه $(+y)$، وعند (Q) باتجاه $(-y)$.

السؤال الثاني:

عندما يدخل الجسيم المشحون مجالًا مغناطيسيًا بسرعة لا ينطبق اتجاهها على اتجاه المجال، فإنه يتأثر بقوة مغناطيسية فينحرف مساره، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى أجد أن الجسيم الذي انحرف باتجاه $(-y)$ كانت شحنه موجبة، أما الذي انحرف باتجاه $(+y)$ فإن شحنته سالبة.

السؤال الثالث:

أ) القوة المؤثرة في وحدة الأطوال، وهي تجاذب، أي باتجاه السلك الثاني.

$$F = \frac{\mu_\circ I_1 I_2 L}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12 \times 40 \times 1}{2\pi \times 0.1} = 9.6 \times 10^{-4}\ \text{N}$$

ب) المجال المحصل:

$$B_1 = \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r_1} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 12}{2\pi \times 0.06} = 4 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

$$B_2 = \frac{\mu_\circ I_2}{2\pi r_2} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 40}{2\pi \times 0.08} = 10 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

$$B = \sqrt{{B_1}^2 + {B_1}^2} = \sqrt{(4 \times 10^{-5})^2 + (10 \times 10^{-5})^2}$$

$$B = 10.8 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

B_1 باتجاه محور $(+y)$، B_2 باتجاه محور $(-x)$، المجال المحصل B يصنع زاوية ϕ مع محور $(-x)$، حيث:

$$\phi = tan^{-1}\left(\frac{4}{10}\right) = 0.4 \ \rightarrow \ \phi = 22^\circ$$

السؤال الرابع:

أ) المجال تحت الخط بمسافة $(1.5\ \text{m})$، ويكون اتجاهه نحو الشمال:

$$B = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 90}{2\pi \times 1.5} = 1.2 \times 10^{-5}\ \text{T}$$

ب) المجال على سطح الأرض ويكون باتجاه الشمال أيضًا:

$$B = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 90}{2\pi \times 10} = 1.8 \times 10^{-6}\ \text{T}$$

السؤال الخامس:

$$B = \frac{\mu_\circ IN}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 8 \times 400}{0.6} = 6.7 \times 10^{-3}\ \text{T}$$

السؤال السادس:

لإيجاد سرعة الأيون بدلالة نصف قطر المسار الدائري:

$$v = \frac{n \times 2\pi r}{t} = \frac{5 \times 2\pi r}{1.5 \times 10^{-3}} = 20944\, r\ \text{m/s}$$

$$F_B = F_C \ \rightarrow\ qvB\sin\theta = \frac{mv^2}{r} \ \rightarrow\ qB = \frac{mv}{r}$$

$$qB = \frac{m(20944)r}{r} = m(20944)$$

$$m = \frac{qB}{20944} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^{-2}}{20944} = 3.8 \times 10^{-25}\ \text{kg}$$

السؤال السابع:

أضع الجسيم المشحون في حالة سكون، فإذا بدأ بالتسارع من السكون، فالمجال يكون كهربائيًا. لأن المجال المغناطيسي لا يؤثر في الجسيمات المشحونة الساكنة. مثال ذلك، أنبوب الأشعة المهبطية تتسارع فيه الإلكترونات الساكنة في المهبط عند تطبيق مجال كهربائي بين القطبين.

السؤال الثامن:

التيار يساوي كمية الشحنة التي تعبر نقطة محددة في مدار الإلكترون مقسومة على المدة الزمنية:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{1.46 \times 10^{-16}} = 1.1 \times 10^{-3}\ \text{A}$$

$$B = \frac{\mu_\circ IN}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1.1 \times 10^{-3} \times 1}{2 \times 5.3 \times 10^{-11}} = 13\ \text{T}$$

السؤال التاسع:

القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الاطوال من السلك:

$$F_B = IBL \sin\theta = 8 \times 0.15 \times 1 \times \sin 37 = 1.2 \times 0.6 = 0.72 \text{ N}$$

السؤال العاشر:

عزم الازدواج المؤثر في الملف:

$$\tau = NIAB \sin\theta = NI\,(\pi r^2)B\sin 30$$
$$\tau = 20 \times 12 \times 3.14 \times 0.0036 \times 0.4 \times 0.5 = 0.54 \text{ N.m}$$

السؤال الحادي عشر:

أ) المجال المغناطيسي الذي يجعل الشد صفرًا:

$$T = F_B - F_W = 0$$
$$F_W = F_B \rightarrow mg = IBL \rightarrow 0.06 \times 9.8 = 5 \times 0.45\, B$$
$$B = 0.26 \text{ T}$$

ب) مجموع الشد عندما ينعكس اتجاه المجال:

$$T = F_W + F_B = 2F_W = 2 \times 0.06 \times 9.8 = 1.18 \text{ N}$$

السؤال الثاني عشر:

القوة المتبادلة بين وحدة الاطوال للسلكين في السيارة:

$$F = \frac{\mu_\circ I\, I\, L}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 300 \times 300 \times 1}{2\pi \times 0.04} = 0.45 \text{ N}$$

السؤال الثالث عشر:

حسب اتجاه الانحراف، فإن الجسيمين (a) و (b) موجبا الشحنة، والجسيم (c) متعادل، والجسيم (d) سالب الشحنة. واعتمادًا على نصف قطر المسار فإن الترتيب التصاعدي للجسيمات حسب كتلها:

$$m_d < m_a < m_b$$

السؤال الرابع عشر:

المجال في مركز الملف الدائري:

$$B = \frac{\mu_\circ IN}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 80}{2 \times 0.1} = 2.5 \times 10^{-3}\ \text{T}$$

السؤال الخامس عشر:

عزم الدوران الذي يؤثر في الحلقة:

$$\tau = NIAB \sin\theta = NIABsin\ 45$$
$$\tau = (100 \times 20\ \times 0.3 \times 0.71)A = 21.3\ \text{N.m}$$
$$A = \frac{21.3}{426} = 0.05\ \text{m}^2$$

السؤال السادس عشر:

$$F_B = F_C \ \rightarrow\ qvB\sin\theta = \frac{mv^2}{r} \ \rightarrow\ qB = \frac{mv}{r}$$

$$v = \frac{qBr}{m} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 0.7 \times 0.12}{1.67 \times 10^{-27}} = 8 \times 10^6\ \text{m/s}$$

السؤال السابع عشر:

أ) المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (a):

$$B_2 = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4}{2\pi \times 0.25} = 3.2 \times 10^{-6}\ \text{T}$$
$$B = B_1 + B_2 = 2 \times 10^{-6} + 3.2 \times 10^{-6} = 5.2 \times 10^{-6}$$

ب) القوة المغناطيسية المؤثرة في الموصل المستقيم:

$$F_B = IBL\sin\theta = 4 \times 2 \times 10^{-6} \times 0.6 \times 1 = 4.8 \times 10^{-6}\ \text{N}$$

ج) القوة المغناطيسية المحصلة المؤثرة في الجسيم المشحون:

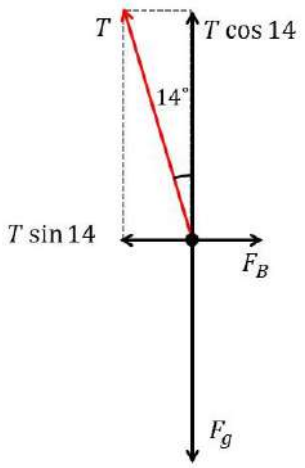
$$F = qvB\sin\theta = 2 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^4 \times 5.2 \times 10^{-6} \times 1 = 6.24 \times 10^{-7}\ \text{N}$$

إجابات أسئلة التفكير:

1. القوة المغناطيسية

برسم مخطط الجسم الحرّ للسلك أجد أنّ:

$$F_g = T\cos\theta\ , \qquad F_B = T\sin\theta$$
$$F_g = T\cos 14^\circ\ , \qquad F_B = T\sin 14^\circ$$
$$\frac{F_B}{F_g} = \tan 14^\circ$$
$$F_B = (0.25)F_g = 0.25 \times 0.05 \times 10 = 0.125\ \text{N}$$



مقدار المجال المغناطيسي:

$$F_B = IBL \sin 90^\circ$$

$$0.125 = 10 \times 0.05\, B$$

$$B = \frac{0.125}{0.5} = 0.25\ \text{T}$$

2. **سؤال مطياف الكتلة:**

أ) بتطبيق قاعدة اليد اليمنى، وحيث أن اتجاه حركة الجسيم $(+x)$ واتجاه المجال المغناطيسي $(+z)$ واتجاه الانحراف نحو $(-y)$ فإن نوع الشحنة هو موجبة.

ب) تسارع الجسيم داخل المجال المغناطيسي:

$$F_B = \frac{mv^2}{r} \rightarrow a = \frac{F_B}{m} = \frac{v^2}{r} = \frac{(5.9 \times 10^7)^2}{0.1} = 3.48 \times 10^{16}\ \text{m/s}^2$$

ج) مقدار نسبة شحنة الجسيم إلى كتلته:

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br} = \frac{5.9 \times 10^7}{16 \times 0.1} = 3.69 \times 10^7\ \text{C/kg}$$

د) اتجاه المجال الكهربائي: بما أن الجسيم موجب الشحنة فهو يتسارع باتجاه المجال الكهربائي، أي أن اتجاه المجال مع محور $(+x)$.

3. **الأشعة الكونية:** إن الجسيمات (A) التي تتجه نحو الأرض من منطقة القطب يكون اتجاهها موازيًا لخطوط المجال المغناطيسي للأرض فلا يؤثر فيها بقوة مغناطيسية ولا تنحرف فتصل إلى الأرض. أما الجسيمات (B) القادمة نحو الأرض باتجاه عمودي على خط الاستواء تكون عمودية على خط المجال المغناطيسي فتنحرف أفقيًا بشكل موازي لسطح الأرض ولا تصل إليها.

منهاجي
متعة التعليم الهادف